

**PENERAPAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFI
DALAM PENDUGAAN SEBARAN DAERAH RAWAN LONGSOR
DI KECAMATAN NGARGOYOSO, KABUPATEN KARANGANYAR**

**Oleh
REZA MUHAMMADI**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG**

2018

**PENERAPAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFI
DALAM PENDUGAAN SEBARAN DAERAH RAWAN LONGSOR
DI KECAMATAN NGARGOYOSO, KABUPATEN KARANGANYAR**

Oleh :
REZA MUHAMMADI
135040200111157

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana
Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
MALANG**

2018



PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas di tunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Agustus 2018

Reza Muhammadi



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul penelitian : Penerapan Sistem Informasi Geografis dalam
Pendugaan Sebaran Daerah Rawan Longsor di
Kecamatan Ngargoyoso, Kabupaten Karanganyar

Nama Mahasiswa : Reza Muhammadi

NIM : 135040200111157

Jurusan : Tanah

Program Studi : Agroekoteknologi

Laboratorium : Pedologi dan Sistem Informasi Sumberdaya Lahan

Disetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping II,

Prof. Dr. Ir. M. Lutfi Rayes, M.Sc.
NIP. 19540505 198003 1 008

Istika Nita, SP., MP.
NIK. 201609 891118 2 001

Diketahui,
Ketua Jurusan Tanah

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU.
NIP. 19540501 198103 1 006

Tanggal Persetujuan

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan
MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU
NIP. 19540501 198103 1 006

Dr. Ir. Retno Suntari, MS.
NIP. 19580503 198303 2 002

Penguji III

Penguji IV

Prof. Dr. Ir. M. Luthfi Rayes, M. Sc.
NIP. 19540505 198003 1 008

Istika Nita, SP., MP.
NIK. 201609 891118 2 001

Tanggal Lulus.....

Jadilah seperti bunga yang
memberikan keharuman
bahkan kepada tangan
yang telah
menghancurkannya.
(Ali bin Abi Thalib)



Skripsi ini kupersembahkan kepada,
Kedua orang tua, adik-adik saya
dan teruntuk kekasihku tercinta

RINGKASAN

REZA MUHAMMADI. 135040200111157. Penerapan Sistem Informasi Geografi dalam Pendugaan Sebaran daerah Rawan Longsor di Kecamatan Ngargoyoso, Karanganyar. Dibawah bimbingan Mochtar Luthfi Rayes sebagai Pembimbing Utama dan Istika Nita sebagai Pembimbing Pendamping

Kecamatan Ngargoyoso termasuk wilayah yang berpotensi terjadi bencana tanah longsor. Wilayah Kecamatan Ngargoyoso yang berlokasi di lereng barat Gunung Lawu memiliki topografi pegunungan dan perbukitan yang mempunyai lereng curam menjadikan wilayah tersebut rawan terhadap bencana tanah longsor. Penelitian ini bertujuan memetakan sebaran daerah rawan longsor di Kecamatan Ngargoyoso, Kabupaten Karanganyar.

Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Ngargoyoso yang secara administrasi terbagi kedalam 9 desa. Parameter kerawanan tanah longsor yang digunakan meliputi curah hujan, kemiringan lereng, penggunaan lahan, geologi, serta karakteristik sifat fisik tanah yakni permeabilitas, tekstur dan kedalaman efektif. Metode yang digunakan adalah survei lapangan didasarkan pada satuan peta lahan dan juga analisis *scoring*. Satuan peta lahan (SPL) dibuat berdasarkan *overlay* peta *landform*, peta kemiringan lereng dan peta geologi. Terdapat 16 satuan peta lahan yang kemudian digunakan sebagai acuan dalam survei lapangan untuk menentukan karakteristik sifat fisik tanah. Untuk mengetahui sebaran daerah rawan longsor dilakukan analisis *scoring* atau pengharkatan dari setiap parameter kerawanan tanah longsor yang kemudian diklasifikasikan menjadi tiga kelas kerawanan yakni rendah, menengah dan tinggi.

Hasil penelitian menunjukkan kelas kerawanan tanah longsor rendah terdapat pada SPL 1,2,3,4,5 dan 9, berada dominan di Desa Dukuh, Nglepok, Puntukrejo dicirikan curah hujan sedang hingga agak basah, kemiringan lereng datar hingga landai, dengan penggunaan lahan berupa permukiman, perkebunan, sawah dan tegalan. Kelas kerawanan menengah terdapat pada SPL 3,4,5,6,7,8,10,11,12,14 dan 15, dominan terdapat di Desa Girimulyo, Kemuning, Jatirejo dan Nglepok. Kerawanan menengah dicirikan curah hujan sedang hingga agak basah, kemiringan landai hingga sangat curam, penggunaan lahan berupa hutan/perkebunan, permukiman, semak belukar dan sawah/tegalan. Kelas kerawanan tinggi terdapat pada SPL 6,7,8,11,12,13,15 dan 16 tersebar dominan di Desa Berjo, Ngargoyoso dan Segorogunung, dicirikan dengan curah hujan agak basah, kemiringan lereng agak curam hingga sangat curam, penggunaan lahan hutan/perkebunan, semak belukar, dan sawah/tegalan.. Hasil validasi peta sebaran daerah rawan longsor menunjukkan tingkat keakurasian sebesar 85,71% dimana faktor kemiringan lereng, penggunaan lahan serta kedalaman efektif tanah menjadi faktor yang paling berpengaruh dalam terjadinya tanah longsor di Kecamatan Ngargoyoso.

SUMMARY

REZA MUHAMMADI. 135040200111157. Application of Geography Information System in the Landslide Prone area Distribution Prediction in Ngargoyoso Subdistrict, Karanganyar. Supervised by Mochtar Luthfi Rayes and Istika Nita.

Ngargoyoso Subdistrict includes areas that have the potential to cause landslides. The Ngargoyoso Subdistrict area, located on the western slope of Mount Lawu, has a topography of mountains and hills that have steep slopes, making the area prone to landslides. This research aims to map the distribution of landslide-prone areas in Ngargoyoso Subdistrict, Karanganyar Regency.

This research was carried out in Ngargoyoso which is divided into 9 administrative villages. Parameter of the landslide insecurity used include rainfall, slope, land use, geology, and physical properties of the soil characteristics include permeability, texture and depth. The method used is a field survey is based on a unit of land maps and also scoring analysis. Land map units (SPL) is based on landform map overlays, slope map and geological maps. There are 16 units of SPL that was later used as a field survey to rate the characteristics of the physical properties of the soil. To know the distribution of landslide prone areas was conducted analysis of scoring or weighting of each parameter of the landslide insecurity which then are classified into three classes, is a low of landslide-prone, medium and high.

The results of the research showed that low landslide-prone classes were found in SPL 1,2,3,4,5 and 9, dominant in Dukuh, Nglegok, and Puntukrejo Villages, characterized by moderate to rather wet rainfall, flat slope to slope, with land use in the form of settlements, plantations, rice fields and moor. Medium landslide prone classes are found in SPL 3,4,5,6,7,8,10,11,12,14 and 15, predominantly in the villages of Girimulyo, Kemuning, Jatirejo and Nglegok. Medium landslide-prone is characterized by moderate to slightly wet rainfall, gentle slope to very steep, land use in the form of forests/plantations, settlements, shrubs and fields/moor. High landslide-prone classes are found in SPL 6,7,8,11,12,13,15 and 16 are predominantly distributed in Berjo, Ngargoyoso and Segorogunung villages, characterized by rather wet rainfall, rather steep slope to very steep slopes, forest land use/plantations, shrubs, and fields/moorings. The validation of landslide-prone areas shows that the accuracy level is 85.71% where the slope factor, land use and effective depth of soil are the most influential factors in the occurrence of landslides in Ngargoyoso Sub-district.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga setelah penulis mampu menyelesaikan penelitian dengan topik **“Penerapan Sistem Informasi Geografi dalam Pendugaan Sebaran Daerah Rawan Longsor di Kecamatan Ngargoyoso, Kabupaten Karanganyar”**. Penelitian ini merupakan tugas akhir skripsi sebagai syarat dalam menyelesaikan studi pada program Strata-1, di Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.

Pada kesempatan kali ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua saya serta adik-adik yang senantiasa memberikan dukungan baik moril ataupun materiil sehingga dalam penyelesaian skripsi dapat terselesaikan dengan lancar.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Mochtar Lutfi Rayes, M.Sc dan Istika Nita, SP. MP., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan masukan dalam penyelesaian skripsi.
3. Bapak Wiyono, S.Sos. M.Si., beserta keluarga yang sudah membantu dalam kegiatan penelitian.
4. Meida Sinta Dewati, Amd.Gz., yang tak henti memberikan motivasi dan semangat dalam menyelesaikan skripsi.
5. Cahya Nurul Huda, S.Pd dan Ahda Syifaul Absori yang telah membantu dalam kegiatan survei lapangan.
6. Sahabat penghuni kontrakan sarang coro, yaitu : Nur Dian Laksono, SP., Abdul Lathif Rabbani, SP., Choirul Anam, SP., Alif Nur Rizki, Mualif Adi Saputra, Gidi Bayu Mandewa W. serta M. Jauhar Firdaus yang memberikan motivasi beserta hujatan yang membangun semangat penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Keluarga besar LPM Canopy yang memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan skripsi.
8. Rekan – rekan satu dosen pembimbing, Ahmad Idhan Rifaldi, SP., Andre Sitinjak, Athirah Arum, Pramudito Kartiko, Emansyah Tarjulin, dan Iman Irsyad yang saling memberikan motivasi, kritik dan saran yang membangun bagi penulis.
9. Seluruh warga Kecamatan Ngargoyoso, Kabupaten Karanganyar yang dengan ramah membantu dalam penyelesaian kegiatan penelitian.
10. Serta, seluruh civitas akademika dan rekan rekan seperjuangan Jurusan Ilmu Tanah, FP UB yang telah dukungan baik kritik ataupun saran bagi penulis.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga masukan dan kritik sangat dibutuhkan oleh penulis. Diharapkan hasil dari penelitian dapat memberikan manfaat baik bagi rekan-rekan mahasiswa, instansi pemerintah, pihak-pihak di lokasi penulis melaksanakan penelitian, masyarakat umum, dan berbagai pihak yang lainnya sekedar sebagai bahan ilmu pengetahuan serta bermanfaat bagi penulis khususnya.

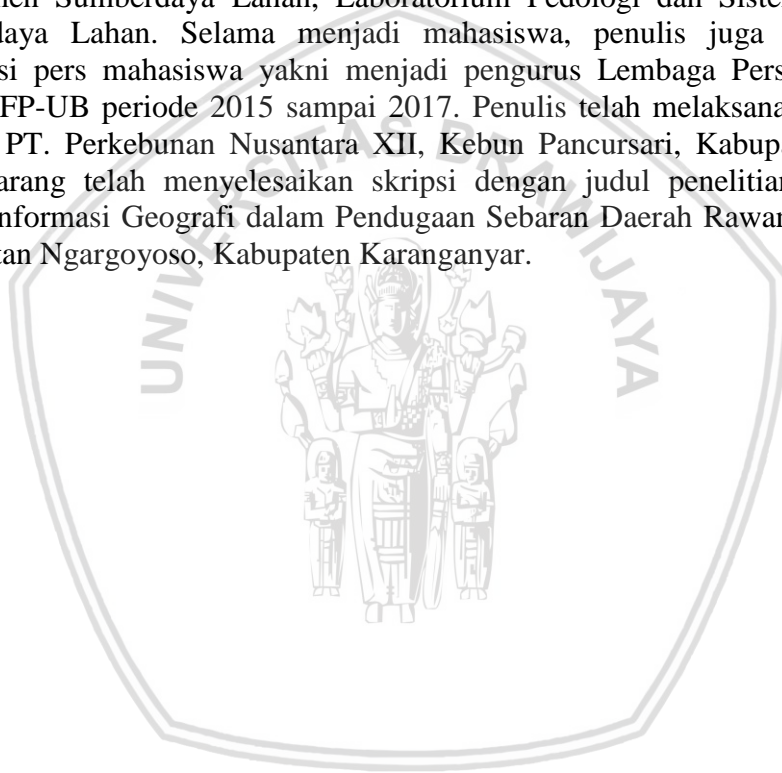
Malang, Agustus 2018

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Reza Muhammadi, dilahirkan di Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah pada tanggal 22 Oktober 1995 dari keluarga Bapak Nur Ahmadi Thohari, S.PdI dan Ibu Sri Paryani, S.Pd dan merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Negeri 2 Lalung, Karanganyar pada tahun 2007, kemudian penulis melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 2 Karanganyar dan lulus pada tahun 2010, pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 2 Karanganyar dan lulus pada tahun 2013.

Pada tahun 2013 penulis melanjutkan pendidikan Strata satu (S1) di Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang melalui jalur SBMPTN, selanjutnya penulis mengambil Minat Manajemen Sumberdaya Lahan, Laboratorium Pedologi dan Sistem Informasi Sumberdaya Lahan. Selama menjadi mahasiswa, penulis juga aktif dalam organisasi pers mahasiswa yakni menjadi pengurus Lembaga Pers Mahasiswa Canopy FP-UB periode 2015 sampai 2017. Penulis telah melaksanakan magang kerja di PT. Perkebunan Nusantara XII, Kebun Pancursari, Kabupaten Malang dan sekarang telah menyelesaikan skripsi dengan judul penelitian Penerapan Sistem Informasi Geografi dalam Pendugaan Sebaran Daerah Rawan Longsor di Kecamatan Ngargoyoso, Kabupaten Karanganyar.



DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
I. PENDAHULUAN	
Error! Bookmark not defined.	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Hipotesis Penelitian.....	3
1.6. Alur Pikir Penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Tanah Longsor.....	5
2.2. Faktor Penyebab Terjadinya Tanah Longsor	5
2.3. Dampak Bencana Tanah Longsor	10
2.4. Sistem Informasi Geografi (SIG)	11
2.5. Sistem Informasi Geografi dalam Pemetaan Kawasan Rawan Longsor	11
III. METODE PENELITIAN.....	12
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	12
3.2. Alat dan Bahan	12
3.3. Metode.....	13
3.4. Pelaksanaan Penelitian	16
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	22
4.1. Hasil.....	22
4.2. Pembahasan	37
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	49
5.1. Kesimpulan.....	49
5.2. Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN.....	53

DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Faktor Penyebab dan Faktor Pemicu Tanah Longsor.....	6
2.	Alat Penelitian	12
3.	Bahan Penelitian	13
4.	<i>Scoring</i> Parameter Curah Hujan	14
5.	<i>Scoring</i> Parameter Kemiringan Lereng	14
6.	<i>Scoring</i> Parameter Penggunaan Lahan	14
7.	<i>Scoring</i> Parameter Geologi.....	14
8.	<i>Scoring</i> Parameter Permeabilitas Tanah.....	15
9.	<i>Scoring</i> Parameter Tekstur Tanah	15
10.	<i>Scoring</i> Parameter Kedalaman Efektif Tanah	15
11.	Keterangan Satuan Peta Lahan di Lokasi Penelitian	19
12.	Analisis Karakteristik Fisika Tanah	20
13.	Intensitas dan Distribusi Curah Hujan Kecamatan Ngargoyoso .	24
14.	Luas dan Presentase Kemiringan Lereng Kecamatan Ngargoyoso.....	25
15.	Luas dan Presentase Penggunaan Lahan di Kecamatan Ngargoyoso.....	28
16.	Luas dan Presentase Geologi di Kecamatan Ngargoyoso	34
17.	Karakteristik Sifat Fisik Tanah di Lokasi Penelitian.....	35
18.	Luas dan Distribusi Permeabilitas Tanah Kecamatan Ngargoyoso.....	35
19.	Luas dan Distribusi Tekstur Tanah Kecamatan Ngargoyoso	36
20.	Sebaran Daerah Rawan Longsor di Kecamatan Ngargoyoso.....	37
21.	Data Kejadian Longsor Aktual di Kecamatan Ngargoyoso	46

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Bagan Alur Pikir Penelitian.....	4
2.	Alur Operasional Penelitian	16
3.	Bagan Pembuatan Satuan Peta Lahan	18
4.	Peta Curah Hujan Kecamatan Ngargoyoso	23
5.	Peta Kemiringan Lereng Kecamatan Ngargoyoso	26
6.	Penggunaan Lahan Tegalan pada Kemiringan Lereng Curam	27
7.	Peta Penggunaan Lahan Kecamatan Ngargoyoso	29
8.	Penggunaan Lahan Hutan di Kecamatan Ngargoyoso	28
9.	Penggunaan Lahan Perkebunan di Kecamatan Ngargoyoso	30
10.	Penggunaan Lahan Permukiman di Kecamatan Ngargoyoso	30
11.	Penggunaan Lahan Sawah di Kecamatan Ngargoyoso	31
12.	Penggunaan Lahan Semak Belukar di Kecamatan Ngargoyoso .	31
13.	Penggunaan Lahan Tegalan di Kecamatan Ngargoyoso	32
14.	Peta Geologi Kecamatan Ngargoyoso.....	33
15.	(a) Lokasi Pengamatan Daerah Kerawanan Tanah Longsor Rendah di Desa Puntukrejo (SPL 3), (b) Lokasi Pengamatan Daerah Kerawanan Tanah Longsor Rendah di Desa Puntukrejo (SPL 1).....	38
16.	(a) Lokasi Pengamatan Daerah Kerawanan Tanah Longsor Menengah di Desa Girimulyo (SPL 7), (b) Lokasi Pengamatan Daerah Kerawanan Tanah Longsor Menengah di Desa Kemuning (SPL 8).....	39
17.	Tiang Listrik Miring Akibat Pergerakan Tanah di Desa Berjo (SPL 12).....	39
18.	(a) Lokasi Pengamatan Daerah Kerawanan Tanah Longsor Tinggi di Desa Berjo (SPL 13), (b) Lokasi Pengamatan Daerah Kerawanan Tanah Longsor Tinggi di Desa Ngargoyoso (SPL 15).....	40
19.	(a) Kejadian Longsor Aktual Titik 1 (SPL 7),.....	43
20.	(a) Kejadian Longsor Aktual Titik 6 (SPL 16),.....	44
21.	Kejadian Longsor Aktual Titik 2 (SPL 5)	45
22.	(a) Kejadian Longsor Aktual Titik 3 (SPL 13),.....	45
23.	Peta Sebaran Titik Kejadian Longsor Aktual Kecamatan Ngargoyoso.....	48

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Tahapan Pembuatan Peta Geologi Kecamatan Ngargoyoso	53
2.	Tahapan Pembuatan Peta Kemiringan Lereng Kecamatan Ngargoyoso.....	54
3.	Tahapan Pembuatan Peta Landform/Bentuk Lahan Kecamatan Ngargoyoso.....	55
4.	Peta Landform/Bentuk Lahan Kecamatan Ngargoyoso	56
5.	Satuan Peta Lahan dan Titik Lokasi Pengamatan Tanah di Kecamatan Ngargoyoso.....	57
6.	Peta Permeabilitas Tanah Kecamatan Ngargoyoso	58
7.	Peta Tekstur Tanah Kecamatan Ngargoyoso	59
8.	Perhitungan Interval Skor Kelas Kerawanan Tanah Longsor	60
9.	Acuan Validasi Peta Sebaran Daerah Rawan Longsor Kecamatan Ngargoyoso.....	61
10.	Data Curah Hujan.....	62
11.	Hasil Analisis Laboratorium Tekstur Tanah	65
12.	Hasil Analisis Laboratorium Permeabilitas Tanah.....	66
13.	Deskripsi dan Morfologi Tanah di Lokasi Penelitian.....	67
14.	Atribut Keterangan Longsor.....	73
15.	Dokumentasi Penelitian.....	77

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang mempunyai dua potensi besar, yaitu potensi sumber daya alam dan potensi bencana. Salah satu dari potensi bencana tersebut yakni tanah longsor. Longsor merupakan proses geologi yang berupa gerakan perpindahan material dalam jumlah yang besar berupa batuan, *regolith*, atau tanah, dari tempat tinggi ke tempat rendah yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi yang kemudian mampu tertumpuk di kaki lereng atau hanyut bersama aliran sungai yang selanjutnya diendapkan pada tempat yang relatif datar (Priyono *et al.*, 2009). Bencana gerakan tanah atau lebih dikenal sebagai tanah longsor merupakan fenomena alam yang dikontrol oleh kondisi geologi, curah hujan dan pemanfaatan lahan pada lereng (BNPB, 2016). Fenomena alam ini berubah menjadi bencana alam manakala tanah longsor tersebut menyebabkan kerusakan lahan pertanian ataupun sarana dan prasarana yang menimbulkan korban jiwa maupun kerugian harta benda. Mekanisme terjadinya longsor umumnya banyak dipicu oleh beberapa hal yaitu faktor topografi (kemiringan lereng yang terjal), curah hujan yang sangat deras dan perubahan penutupan lahan yang ekstrim dengan skala bentang lahan yang luas (Suprayogo *et al.*, 2005 dalam Priyono *et al.*, 2009)

Kecamatan Ngargoyoso terletak di antara 7°34'00"-7°38'00" LS dan 114°4'00"-111°12'00" BT, merupakan salah satu daerah yang diwaspadai oleh Pemerintah Kabupaten Karanganyar sebagai kawasan rawan bencana longsor. Hal tersebut dapat dilihat dari rata-rata frekuensi bencana tanah longsor yang ada di Kabupaten Karanganyar yang memiliki frekuensi tertinggi yakni 300 dalam 5 tahun terakhir. Berdasarkan intensitas bencana yang terjadi serta kerusakan yang mungkin ditimbulkan, bencana tanah longsor di Kabupaten Karanganyar dikategorikan menjadi 2 kawasan bencana tanah longsor menengah dan tinggi. Wilayah Kabupaten Karanganyar yang termasuk dalam kawasan rawan bencana tanah longsor tinggi yakni Kecamatan Ngargoyoso, Kecamatan Tawangmangu, Kecamatan Jatiyoso, Kecamatan Matesih, Kecamatan Jenawi, dan Kecamatan Kerjo (BAPPEDA Kabupaten Karanganyar, 2015).

Wilayah Kecamatan Ngargoyoso yang berlokasi di dataran tinggi (lereng barat Gunung Lawu) mempunyai kemiringan lereng yang curam menjadikan daerah tersebut rawan bencana longsor. Terdapat banyak kejadian longsor yang melanda wilayah tersebut selama beberapa tahun terakhir. Bencana longsor yang terjadi tak hanya merusak lahan pertanian ataupun pemukiman warga namun juga kerugian materi yang ditaksir juga begitu besar seperti halnya menurut Rudi Hartono dalam *joglosemar.co* tertanggal 10 November 2016 memuat berita kejadian longsor yang menimpa rumah warga di Desa Kemuning, Kecamatan Ngargoyoso, Karanganyar pada Rabu (09/11). Meski tidak mengakibatkan korban jiwa atau luka, kerugian material ditaksir mencapai puluhan juta rupiah. Sedangkan, menurut Rudi Hartono dalam *radarsolo.jawapos.com* tertanggal 15 April 2017 memuat berita mengenai bencana alam tanah longsor terjadi selama dua hari berturut-turut (14-15/04) menimpa tanah pekarangan dan tebing yang berada di lahan persawahan di dua desa di Kecamatan Ngargoyoso. Beberapa bulan lalu longsor di Kecamatan Ngargoyoso kembali terjadi, hal tersebut diungkapkan oleh Sri Sumi Handayani dalam laman *solopos.com* tertanggal 24 April 2017 telah terjadi longsor di Desa Kemuning, Kecamatan Ngargoyoso pada Sabtu (22/04) tidak ada korban jiwa namun longsor yang terjadi menimpa tiga talut rumah warga.

Beberapa kejadian longsor yang terjadi mengindikasikan kurangnya kewaspadaan dan kesiapan dalam menghadapi bencana. Sehingga perlu adanya informasi mengenai sebaran daerah rawan longsor di Kecamatan Ngargoyoso yang dimana notabennya termasuk kawasan rawan bencana tanah longsor tinggi agar dalam upaya mitigasi bencana oleh pemerintah ataupun masyarakat sekitar dapat lebih optimal. Sistem Informasi Geografi (SIG) dapat dijelaskan sebagai suatu sistem berbasis komputer yang digunakan untuk menyimpan, memanipulasi serta mengolah informasi geografis secara cepat dan akurat. Sistem Informasi Geografi dapat digunakan sebagai media penyampaian informasi mengenai persebaran daerah rawan bencana longsor. Pemetaan bahaya longsor lahan merupakan salah satu langkah dalam studi daerah rawan bencana yang akan dilakukan di Kecamatan Ngargoyoso, Kabupaten Karanganyar. Sistem Informasi Geografi dapat digunakan sebagai alat untuk menganalisis parameter-parameter

daerah yang memiliki kerawanan bencana tanah longsor serta menyajikan data hasil analisis untuk digunakan sebagai acuan dalam pengambilan keputusan. Pembobotan masing-masing parameter akan menghasilkan bobot nilai baru yang menentukan tingkat kerawanan tanah longsor di suatu daerah. Penilaian kerawanan longsor dapat dianggap sebagai langkah awal untuk manajemen bahaya dan resiko longsor (Leonardi *et al.*, 2016). Penyampaian informasi daerah rawan bencana secara visual melalui peta akan lebih mudah dipahami masyarakat awam sebagai upaya mitigasi, sehingga dampak yang mungkin terjadi dapat dikurangi.

1.2. Rumusan Masalah

Bagaimana persebaran daerah rawan longsor di Kecamatan Ngargoyoso, Kabupaten Karanganyar ?

1.3. Tujuan Penelitian

Memetakan sebaran daerah rawan longsor di Kecamatan Ngargoyoso, Kabupaten Karanganyar.

1.4. Manfaat Penelitian

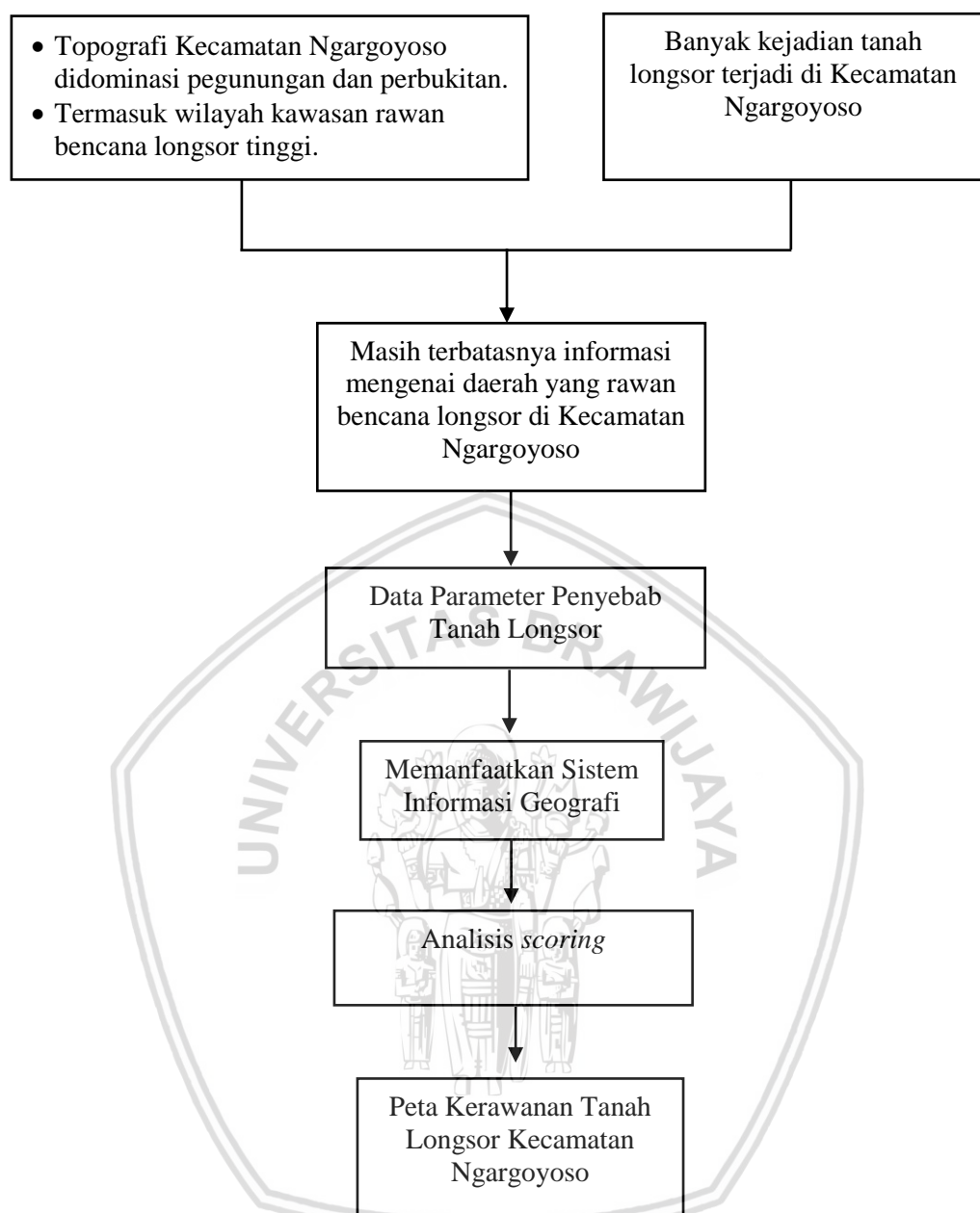
1. Secara teoritis, penelitian ini memiliki manfaat sebagai tambahan referensi dalam bidang ilmu pengetahuan serta pembelajaran dalam penelitian mengenai pemetaan kerawanan tanah longsor selanjutnya.
2. Secara praktis, penelitian ini dapat dijadikan sebagai rekomendasi terhadap pemerintah daerah ataupun pihak yang berkompeten serta masyarakat sekitar dalam upaya pengelolaan pembangunan dan tata ruang di daerah penelitian.

1.5. Hipotesis Penelitian

Faktor kemiringan lereng, penggunaan lahan dan kedalaman efektif tanah merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap terjadinya tanah longsor di Kecamatan Ngargoyoso, Kabupaten Karanganyar.

1.6. Alur Pikir Penelitian

Bagan alur pikir penelitian tersaji pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alur Pikir Penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanah Longsor

Tanah longsor identik dengan pergerakan atau perpindahan massa tanah yang berdampak pada perubahan bentuk lahan atau kondisi lingkungan tertentu. Bencana gerakan tanah atau lebih dikenal sebagai tanah longsor merupakan fenomena alam yang dikontrol oleh kondisi geologi, curah hujan dan pemanfaatan lahan pada lereng (BNPB, 2016). Hugget (2003) dalam Marfai *et al.* (2016) menyebutkan bahwa longsor lahan merupakan proses geomorfologi yang termasuk dalam gerakan massa (*mass movement*). Gerakan massa yakni perpindahan massa batuan, *regolith* dan tanah dari tempat tinggi menuju tempat yang lebih rendah karena pengaruh gravitasi. Menurut Priyono *et al.* (2009) longsor merupakan proses geologi yang berupa gerakan perpindahan material dalam jumlah yang besar berupa batuan, *regolith*, atau tanah, dari tempat tinggi ke tempat rendah yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi yang kemudian mampu tertumpuk di kaki lereng atau hanyut bersama aliran sungai yang selanjutnya diendapkan pada tempat yang relatif datar. Selanjutnya, menurut PVMBG (2005) mendefinisikan tanah longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau material campuran tersebut, bergerak kebawah atau keluar lereng.

2.2. Faktor Penyebab Terjadinya Tanah Longsor

Terjadinya tanah longsor merupakan salah satu fenomena atau kejadian alam dalam mencari keseimbangan. Kejadian tersebut dapat diakibatkan oleh berbagai faktor baik alam maupun kegiatan manusia. Menurut Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) terdapat beberapa faktor penyebab terjadinya tanah longsor antara lain :

a. Faktor alam

Faktor alam juga berpengaruh sebagai penyebab terjadinya tanah longsor yang meliputi lereng terjal sebagai akibat patahan dan lipatan kulit bumi, erosi dan pengikisan, daerah longsor lama, ketebalan tanah pelapukan bersifat lembek, butiran halus, jenuh karena air hujan, adanya retakan karena proses alam (gempa bumi, tektonik), air (hujan diatas

normal, susut air cepat, banjir, aliran air bawah tanah pada sungai lama), lapisan batuan yang kedap air miring kearah lereng yang berfungsi sebagai bidang longsoran.

b. Faktor manusia

Aktivitas manusia yang langsung berhubungan dengan alam menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya longsor seperti lereng menjadi terjal akibat pemotongan lereng dan penggerusan oleh air saluran di tebing, tanah lembek dipicu oleh perubahan tata lahan menjadi lahan basah, adanya kola mikan, genangan air, retakan akibat getaran mesin, ledakan, beban masa yang bertambah dipicu beban kendaraan, bangunan dekat tebing, tanah kurang padat karena material urungan atau material longsoran lama pada tebing, bocoran air saluran, luapan air saluran, kola mikan, penggundulan hutan sehingga terjadi pengikisan oleh air permukaan.

Menurut Goenadi *et al.* (2003) dalam Alhasanah (2006) faktor pemicu terjadinya tanah longsor dikelompokkan menjadi dua yakni faktor yang bersifat tetap (statis) dan faktor yang bersifat mudah berubah (dinamis). Yang termasuk dalam kategori faktor pemicu bersifat dinamis antara lain kemiringan lereng, curah hujan, serta penggunaan lahan. Sedangkan faktor pemicu statis terbagi dalam dua kelompok meliputi batuan (jenis litologi penyusun dan struktur geologi) dan (sifat fisik) tanah. Lebih rincinya faktor-faktor diatas disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Faktor Penyebab dan Faktor Pemicu Tanah Longsor

No.	Faktor Penyebab	Parameter
1.	Faktor Pemicu Dinamis	1. Kemiringan Lereng 2. Curah Hujan 3. Penggunaan Lahan (aktivitas manusia)
2.	Faktor Pemicu Statis	4. Jenis Batuan dan Struktur Geologi 5. Kedalaman Tanah 6. Permeabilitas Tanah 7. Tekstur Tanah

Sumber : Goenadi *et al.* (2003) dalam Alhasanah (2006)

Mekanisme terjadinya longsor umumnya banyak dipicu oleh beberapa hal yaitu faktor topografi (kemiringan lereng yang terjal), curah hujan yang sangat deras dan perubahan penutupan lahan yang ekstrim dengan skala bentang lahan yang luas (Suprayogo *et al.*, 2005 dalam Prijono *et al.*, 2009).

Salah satu penyebab terjadinya tanah longsor adalah intensitas curah hujan. Intensitas curah hujan yang tinggi menyebabkan kandungan air tanah menjadi jenuh dalam waktu yang singkat. Hujan lebat pada awal musim dapat menimbulkan longsor karena melalui tanah yang merekah air akan masuk dan terakumulasi dibagian dasar lereng, sehingga terjadi gerakan lateral (Nandi, 2007).

Berikut ini merupakan faktor-faktor penyebab terjadinya tanah longsor yang digunakan dalam pendugaan kerawanan longsor di lokasi penelitian antara lain :

2.2.1. Curah hujan

Curah hujan tinggi dapat menimbulkan longsor karena melalui tanah yang merekah air akan masuk dan terakumulasi dibagian dasar lereng, sehingga menimbulkan gerakan lateral. Hardiyatmo (2006) dalam Prijono *et al.* (2009) mengemukakan bahwa intensitas curah hujan yang cukup tinggi, ditunjang dengan kondisi tanah yang kurang stabil mengakibatkan longsor. Curah hujan meningkatkan presipitasi dan kejenuhan tanah serta naiknya muka air tanah. Hujan juga dapat menyebabkan terjadinya aliran permukaan yang dapat menyebabkan terjadinya erosi pada kaki lereng dan berpotensi menambah besaran sudut kelerengan yang akan berpotensi menyebabkan longsor (Karnawati, 2003).

2.2.2. Kemiringan lereng

Semakin tinggi dan terjal lereng maka semakin berpotensi terjadi tanah longsor. Kemiringan lereng merupakan salah satu faktor penting dalam terjadinya tanah longsor. Kondisi lereng melebihi 45% perlu diperhatikan terhadap terjadinya tanah longsor serta memperhatikan faktor lain yang mendukung (Karnawati, 2003). Semakin besar sudut kemiringan lerengnya maka gaya gravitasi yang ditimbulkan juga semakin besar sehingga akan memperbesar potensi untuk timbulnya longsor lahan. Menurut Nursa'ban *et al.* (2009) kemiringan lereng akan memperbesar jumlah aliran permukaan dan kecepatan aliran meningkat sehingga kekuatan mengangkut material meningkat pula akhirnya kemampuan air untuk mengerosi atau melongsorkan tanah semakin besar.

2.2.3. Geologi

Kondisi litologi merupakan faktor penting yang dapat memicu terjadinya proses tanah longsor atau gerakan tanah di suatu daerah. Pengaruh litologi terhadap terjadinya tanah longsor salah satunya ditentukan berdasar asal batuan serta komposisi mineral yang peka terhadap erosi dan longsor. Menurut Marwanto *et al.* (2007) bahwa setiap jenis bahan induk akan menghasilkan tingkat kepekaan erosi yang berbeda tergantung asal batuan dan komposisi mineraloginya. Umumnya gerakan tanah terjadi pada batuan breksi tufaan, batuan gunung api muda dan gunung api tua (Wahyunto *et al.*, 2003)

2.2.4. Penggunaan lahan

Kondisi penggunaan lahan berkaitan dengan kestabilan lahan, kontrol terhadap kejenuhan air serta kekuatan ikatan partikel tanah. Penggunaan lahan seperti persawahan maupun tegalan dan semak belukar, terutama pada daerah-daerah yang mempunyai kemiringan lahan terjal umumnya sering terjadi tanah longsor. Pada lahan persawahan akarnya kurang kuat untuk mengikat butir tanah dan membuat tanah menjadi lembek dan jenuh dengan air sehingga mudah terjadi longsor (Priyono *et al.*, 2009). Menurut Wahyunto *et al.* (2003) minimnya penutupan permukaan tanah dan vegetasi, sehingga perakaran sebagai pengikat tanah menjadi berkurang dan mempermudah tanah menjadi retak-retak pada musim kemarau. Pada musim penghujan air akan mudah meresap ke dalam lapisan tanah melalui retakan tersebut dan dapat menyebabkan lapisan tanah menjadi jenuh air sehingga cepat atau lambat akan mengakibatkan terjadinya longsor atau gerakan tanah.

2.2.5. Tanah

Tingkat kepekaan terhadap longsor berhubungan dengan tingkat kemampuan tanah menahan dan melepaskan air yang masuk. Tanah dengan permeabilitas sangat lambat mampu sangat kuat menahan air yang masuk dan sangat sulit untuk melepaskannya. Hal tersebut menyebabkan tanah menahan beban yang lebih besar dan apabila intensitas curah hujan tinggi serta tanah tersebut berada pada wilayah yang memiliki topografi terjal sampai sangat curam maka kemungkinan terjadi longsor sangat tinggi.

Peristiwa longsor erat kaitannya dengan tinggi tendahnya tingkat permeabilitas tanah yang dapat dinyatakan dengan konduktivitas hidrolis jenuh. Konduktivitas hidrolis jenuh dapat diartikan sebagai kecepatan bergerak suatu cairan pada media berpori dalam keadaan jenuh (Utomo, 1996 dalam Priyono *et al.*, 2009). Pada kondisi tanah yang jenuh semua pori terisi air dan mengalirkan air sehingga kontinuitas serta kehantaran dalam keadaan maksimum. Apabila dominasi tanah cenderung memiliki populasi pori-pori tanah yang relatif kecil maka kemampuan tanah dalam mengalirkan air sangat sedikit sehingga lapisan atas sampai batas kontak lapisan kedap air akan terus menerus terisi air dan tidak mampu mengalir kelapisan lebih bawah. Oleh karena itu terjadi penjenjuran dan berpotensi longsor. Tingkat permeabilitas bergantung pada tekstur tanah, tekstur tanah mempengaruhi kemampuan tanah dalam menyimpan dan menghantarkan air. Proporsi tanah baik dari butir pasir, debu, dan liat akan sangat mempengaruhi respon terhadap masukan air (infiltrasi) tanah sehingga mampu menentukan peluang terjadinya longsor (Priyono *et al.*, 2009). Tanah bertekstur pasir dan debu sangat rentan terhadap longsor dibandingkan dengan tekstur liat yang memiliki daya menahan air lebih baik. Tanah dengan tekstur pasir, pasir berlempung dan lempung berpasir umumnya bersifat lunak dan mudah dilalui air sehingga mudah terjadi longsor (Kocher and John, 2006).

Kedalaman tanah juga berpengaruh terhadap proses terjadinya longsor. Kedalaman tanah berhubungan dengan kondisi pertumbuhan akar tanaman dalam menjaga kestabilan lereng. Menurut Rayes (2007) kedalaman efektif tanah adalah kedalaman tanah yang baik bagi pertumbuhan akar tanaman, yaitu sampai pada lapisan yang tidak dapat ditembus oleh akar tanaman. Lapisan tersebut dapat berupa kontak-litik, lapisan padas keras, padas liat, padas rapuh atau lapisan *phlintit*. Lereng yang tersusun oleh tumpukan tanah yang tebal relatif lebih rentan terhadap longsor lahan karena mampu menyimpan air lebih banyak dan mengakibatkan penjenjuran pada tanah sehingga tekanan air untuk merenggangkan ikatan tanah meningkat dan akhirnya massa tanah terangkut oleh aliran air dalam lereng (Karnawati, 2003).

2.3. Dampak Bencana Tanah Longsor

Terjadinya tanah longsor tidak hanya berdampak kerugian bagi manusia baik dari segi fisik atau materi, namun juga bagi hewan, tumbuhan dan terhadap lingkungan. Menurut Nandi (2007) dampak yang ditimbulkan akibat terjadinya tanah longsor antara lain :

1. Dampak terhadap kehidupan

Terjadinya bencana tanah longsor memiliki dampak yang sangat besar terhadap kehidupan, khususnya manusia. Bila tanah longsor itu terjadi pada wilayah yang memiliki kepadatan penduduk yang tinggi, maka korban jiwa yang ditimbulkan akan sangat besar terutama bencana tanah longsor yang terjadi secara tiba-tiba tanpa diawali adanya tanda-tanda akan terjadinya tanah longsor.

Adapun dampak yang ditimbulkan dengan terjadinya tanah longsor terhadap kehidupan adalah sebagai berikut :

- a. bencana longsor banyak menelan korban jiwa;
- b. terjadinya kerusakan infrastruktur publik seperti jalan, jembatan dan sebagainya;
- c. kerusakan bangunan-bangunan seperti gedung perkantoran dan perumahan penduduk serta sarana peribadatan;
- d. menghambat proses aktivitas manusia dan merugikan baik masyarakat yang terdapat disekitar bencana maupun pemerintah.

2. Dampak terhadap lingkungan

Adapun dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan akibat terjadinya tanah longsor adalah sebagai berikut :

- a. terjadinya kerusakan lahan;
- b. hilangnya vegetasi penutup lahan;
- c. terganggunya keseimbangan ekosistem;
- d. lahan menjadi kritis sehingga cadangan air bawah tanah menipis;
- e. terjadinya tanah longsor dapat menutup lahan lain seperti sawah, kebun dan lahan produktif lainnya.

2.4. Sistem Informasi Geografi (SIG)

Sistem Informasi Geografi dapat dijelaskan sebagai suatu sistem berbasis komputer yang digunakan untuk menyimpan, memanipulasi serta mengolah informasi geografi. Menurut Prahasta (2009) Sistem Informasi Geografi (SIG) merupakan sistem komputer yang memiliki subsistem terdiri atas empat kemampuan dalam menangani data yang bereferansi geografis, yaitu :

1. *data input*, subsistem ini terkait dengan tugas mengumpulkan, mempersiapkan dan menyimpan data spasial dan atributnya dari berbagai sumber;
2. *data output*, merupakan subsistem yang mampu menampilkan atau menghasilkan keluaran keseluruhan atau sebagian data dalam bentuk tabel, grafik, peta ataupun laporan;
3. *data management*, bertugas untuk mengorganisasikan data, baik data spasial maupun atribut yang terkait ke dalam sistem basis data sehingga mudah untuk dipanggil kembali. Sehingga sering disebut juga sebagai *subsistem storage and retrieval* (penyimpanan dan pemanggilan data);
4. *data manipulation and analysis*, subsistem ini melakukan manipulasi dan pemodelan data untuk menghasilkan informasi yang diharapkan.

2.5. Sistem Informasi Geografi dalam Pemetaan Kawasan Rawan Longsor

Sistem Informasi Geografi saat ini telah banyak berkembang dan digunakan untuk berbagai hal dalam disiplin ilmu. SIG dapat diterapkan dalam bidang perencanaan, bidang kependudukan dan demografi, bidang lingkungan dan pemantauannya, bidang sumber daya alam dan lain-lain (Prahasta, 2009). Pada kasus gerakan massa (tanah longsor) pendekatan dengan sistem informasi geografi menjadi alternatif saat ini (Marjanovic, 2009). Kerawanan longsor dimaknai sebagai kemungkinan terjadinya tanah longsor di suatu daerah berdasarkan kondisi medan local (Fell *et al.*, 2008). Dengan bantuan SIG, memungkinkan untuk mengintegrasikan data spasial untuk ditentukan pengaruh parameter pada kejadian tanah longsor. Pengaruh dari masing-masing parameter ditentukan berdasarkan bobot dan skor yang akan menghasilkan bobot nilai baru yang menentukan tingkat kerawanan tanah longsor pada suatu daerah.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan November 2017 – April 2018, untuk lokasi pengamatan dan pengambilan data berada di Kecamatan Ngargoyoso, Kabupaten Karanganyar dengan letak koordinat $7^{\circ}34'00''$ - $7^{\circ}38'00''$ Lintang Selatan dan $114^{\circ}4'00''$ - $111^{\circ}12'00''$ Bujur Timur. Luas wilayah Kecamatan Ngargoyoso yakni 61.156,4 km² atau 6.115.64 ha. Secara administrasi wilayah Kecamatan Ngargoyoso meliputi 9 desa yakni Desa Berjo, Desa Dukuh, Desa Girimulyo, Desa Jatirejo, Desa Kemuning, Desa Ngargoyoso, Desa Nglegok, Desa Puntukrejo dan Desa Segorogunung.

Sedangkan untuk pengolahan dan analisis data dilaksanakan di Laboratorium Fisika Tanah serta Laboratorium Pedologi dan Sistem Informasi Sumberdaya Lahan, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian meliputi laptop, printer serta *software Arc.GIS 9.3* yang digunakan untuk pengolahan data serta *GPS*, *survey set*, kamera dan alat tulis untuk digunakan dalam kegiatan survei lapangan. Berikut Tabel 2 menjelaskan mengenai alat yang digunakan dalam penelitian.

Tabel 1. Alat Penelitian

Alat	Fungsi
Laptop	Sebagai penunjang dalam pengolahan bahan serta penyusunan laporan
<i>Arc.GIS 9.3</i>	Untuk mengolah data dan membuat peta
<i>Microsoft Word</i> dan <i>Microsoft Excel</i>	Untuk mengolah draft dan data hasil survei lapangan
<i>GPS</i>	Untuk menentukan titik lokasi survei lapangan dan titik kejadian longsor aktual.
<i>Survey set</i>	Sebagai penunjang dalam kegiatan lapangan berupa pembuatan minipit dan pengambilan sampel tanah.
Kamera	Untuk mendokumentasikan kondisi aktual di lokasi penelitian.
Alat tulis	Untuk mencatat data hasil survei lapangan.

Bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi beberapa peta dan juga data dasar serta data hasil survei lapangan yang tersaji pada Tabel 3. Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Bahan Penelitian

Bahan	Sumber	Fungsi
Peta RBI Lembar Tawangmangu 1508-131 (Skala 1:25.000)	Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (Bakosurtanal) Tahun 2000	Untuk membuat peta administrasi dan peta bentuk lahan/ <i>landform</i>
Peta RBI Lembar Poncol 1508-132 (Skala 1:25.000)		
Peta RBI Lembar Karangpandan 1508-133 (Skala 1:25.000)		
Peta RBI Lembar Ngrambe 1508-134 (Skala 1:25.000)		
Peta Penggunaan Lahan Kabupaten Karanganyar (Skala 1:100.000) Tahun 2015	Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) Kabupaten Karanganyar	Untuk membuat peta penggunaan lahan
Peta Geologi Lembar Ponorogo (Skala 1:100.000) Tahun 1997	Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi	Untuk membuat peta geologi
Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah Kabupaten Karanganyar (PVMBG)	Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Karanganyar	Sebagai acuan validasi peta sebaran daerah rawan longsor
<i>Digital Elevation Model Alos Palsar AP14434FBDF7030RT1</i>	Alaska Satellite Facility	Untuk membuat peta kemiringan lereng
Data curah hujan Kabupaten Karanganyar	Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Karanganyar	Untuk membuat peta curah hujan
Data curah hujan Kecamatan Ngargoyoso	PT. Rumpun Sari, Ngargoyoso	
Data hasil survei lapangan dan analisis tanah (kedalaman efektif, tekstur, permeabilitas)	Data survei lapangan tahun 2017	Untuk membuat peta sebaran daerah rawan longsor

3.3. Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *scoring*. Metode *scoring* dilakukan untuk memberikan bobot pada setiap parameter kerawanan tanah longsor yang meliputi curah hujan, kemiringan lereng, penggunaan lahan, geologi, tekstur tanah, permeabilitas serta kedalaman efektif tanah. Pembobotan parameter curah hujan, kemiringan lereng serta penggunaan lahan mengacu pada penelitian dari BBSDLP (2009) seperti pada Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6. Pembobotan parameter geologi mengacu pada Buchori dan Susilo

(2012) seperti pada Tabel 7. Pembobotan parameter permeabilitas serta kedalaman efektif tanah dan tekstur tanah mengacu pada Arsyad (2010) seperti pada Tabel 8 dan Tabel 9. Pembobotan tekstur tanah mengacu pada Flecher dan Gibb (1990) seperti pada Tabel 10. Berikut skor dari setiap parameter terjadinya tanah longsor tersaji pada Tabel 4 sampai dengan 10.

Tabel 3. *Scoring* Parameter Curah Hujan

No	Curah Hujan (mm/tahun)	Keterangan	Skor
1	>4000	Sangat basah	5
2	>3000 – 4000	Agak basah	4
3	>2000 – 3000	Sedang	3
4	>1000 – 2000	Agak kering	2
5	<1000	Sangat kering	1

Sumber : BBSDLP (2009)

Tabel 4. *Scoring* Parameter Kemiringan Lereng

No	Kemiringan Lereng (%)	Keterangan	Skor
1	>45	Sangat curam	5
2	>25 – 45	Curam	4
3	>15 – 25	Agak curam	3
4	>8 – 15	Landai	2
5	<8	Datar	1

Sumber : BBSDLP (2009)

Tabel 5. *Scoring* Parameter Penggunaan Lahan

No	Penggunaan Lahan	Tingkat Kepekaan	Skor
1	Tegalan, Sawah	Sangat peka	5
2	Semak belukar	Agak peka	4
3	Hutan dan perkebunan	Sedang	3
4	Permukiman	Kurang peka	2
5	Tambak, waduk, perairan	Tidak peka	1

Sumber : BBSDLP (2009)

Tabel 6. *Scoring* Parameter Geologi

No	Geologi	Tingkat Kepekaan	Skor
1	Batuan Gunung Api; Breksi, aglomerat, tuf dan lava bersifat andesit basalt, mengandung sisipan batupasir, batulanau serpih dan batugamping	Sangat Peka	4
2	Batuan Gunung Api; Tuf, tuf lapilli, breksi, lahar dan lava bersifat andesit banyak mengandung pecahan batuapung	Peka	3
3	Batuan Gunung Api Muda; lava, bom, lapilli dan abu	Sedang	2
4	Endapan Danau dan Sungai Tua; pasir, lanau dan lempung	Kurang Peka	1

Sumber : Buchori dan Susilo (2012)

Tabel 7. *Scoring* Parameter Permeabilitas Tanah

No	Permeabilitas (cm/jam)	Keterangan	Skor
1	<0,5	Sangat lambat	6
2	>0,5 – 2	Lambat	5
3	>2 – 6,3	Lambat sampai sedang	4
4	>6,3 – 12,7	Sedang	3
5	>12,7 – 25,4	Sedang sampai cepat	2
6	>25,4	Sangat cepat	1

Sumber : Arsyad (2010)

Tabel 8. *Scoring* Parameter Tekstur Tanah

No	Tekstur	Tingkat Kepekaan	Skor
1	Pasir, Pasir berlempung, Lempung	Sangat tinggi	4
2	Lempung berpasir, Lempung liat berpasir, Lempung berdebu	Agak tinggi	3
3	Lempung liat berdebu, Debu, Liat berdebu	Sedang	2
4	Liat, Lempung berliat	Agak rendah	1

Sumber : Flecher dan Gibb (1990)

Tabel 9. *Scoring* Parameter Kedalaman Efektif Tanah

No	Kedalaman Efektif (cm)	Keterangan	Skor
1	>90	Dalam	4
2	90 – 50	Sedang	3
3	50 – 25	Dangkal	2
4	<25	Sangat dangkal	1

Sumber : Arsyad (2010)

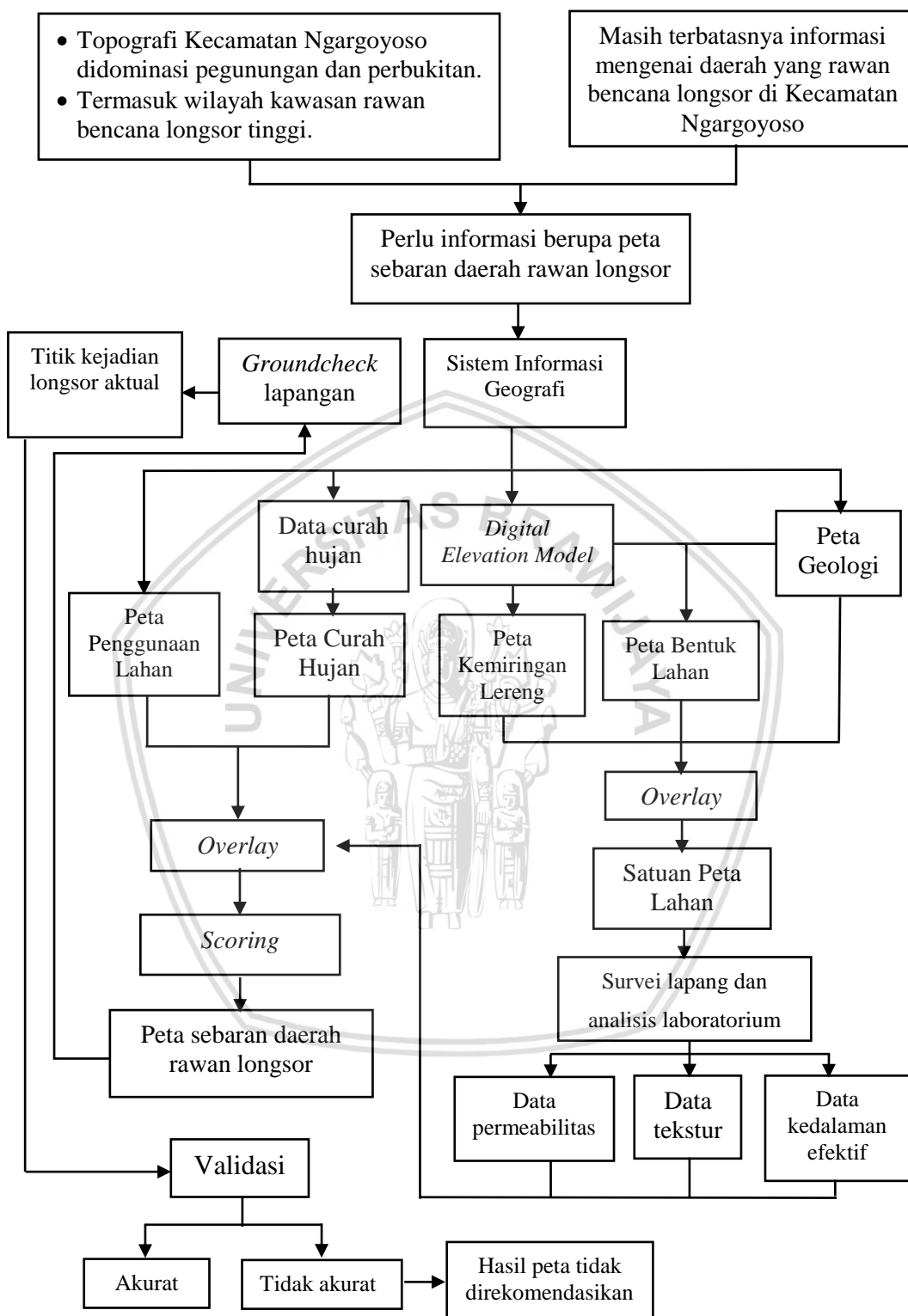
Pendugaan sebaran daerah rawan longsor di lokasi penelitian digunakan model penentuan skor kumulatif dari Taufiq dan Suharyadi (2008) dengan klasifikasi kerawanan tanah longsor menjadi 3 kelas yakni kelas kerawanan rendah, kelas kerawanan menengah dan kelas kerawanan tinggi. Berdasarkan model tersebut rumus skor yang digunakan yakni :

$$\text{Skor kumulatif} = (0,2 \times \text{curah hujan}) + (0,3 \times \text{kemiringan lereng}) + (0,2 \times \text{penggunaan lahan}) + (0,15 \times \text{geologi}) + (0,05 \times \text{tekstur tanah}) + (0,05 \times \text{permeabilitas}) + (0,05 \times \text{kedalaman efektif tanah}).$$

Penentuan interval skor ditentukan dengan pendekatan relatif dengan cara menentukan nilai maksimum dan minimum kemudian dibagi jumlah kelas. Hasil perhitungan interval skor dari setiap kelas kerawanan tersaji pada Lampiran 8. Rumus penentuan selang skor yakni:

$$\text{Interval Skor} = \frac{\text{Skor Maksimum} - \text{Skor Minimum}}{\text{Jumlah Kelas Klasifikasi}}$$

Alur operasional penelitian adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Alur Operasional Penelitian

3.4. Pelaksanaan Penelitian

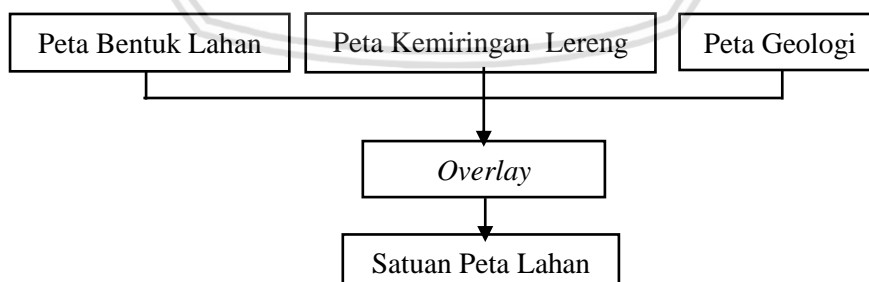
3.4.1. Perizinan dan Persiapan Data

Dalam pelaksanaan penelitian terlebih dahulu mengurus perizinan di daerah penelitian serta kepada pihak-pihak yang berkaitan. Selanjutnya dilakukan pencarian data sebagai bahan pembuatan peta meliputi data curah hujan untuk wilayah Kecamatan Ngargoyoso dan sekitarnya, data geologi di lokasi penelitian, data penggunaan lahan serta data DEM yang digunakan untuk membuat peta kemiringan lereng. Dari data dasar yang sudah didapatkan, dalam pembuatan peta kemiringan lereng Kecamatan Ngargoyoso dilakukan dengan mengolah data *Digital Elevation Model Alos Palsar* tanggal perekaman 27 Agustus 2009 dengan resolusi 12,5 meter yang didownload dari website www.asf.alaska.edu, kemudian diolah dengan menggunakan *software ArcGIS 9.3*. Pembuatan peta penggunaan lahan Kecamatan Ngargoyoso dilakukan dengan digitasi ulang dari peta penggunaan lahan Kabupaten Karanganyar tahun 2015 skala 1 : 100.000 yang diterbitkan Bappeda Kabupaten Karanganyar. Pembuatan peta geologi dilakukan dengan digitasi ulang dari peta geologi lembar Ponorogo skala 1 : 100.000 yang diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi tahun 1997. Untuk pembuatan peta curah hujan mengacu pada sumber data curah hujan dari 3 stasiun pengukuran curah hujan di Kabupaten Karanganyar yakni Stasiun Klimatologi Karangpandan, Tawangmangu yang didapat dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Karanganyar dan Stasiun pengukuran PT. Rumpun Sari Kemuning Kecamatan Ngargoyoso, kemudian data diolah dengan *software ArcGIS 9.3* dengan menggunakan metode *polygon thiessen*. Penerapan metode *polygon thiessen* adalah anggapan bahwa setiap stasiun hujan dapat mewakili tebal hujan dari suatu daerah dengan luas tertentu yang dibatasi garis tegak lurus yang menghubungkan setiap stasiun hujan yang berdekatan, sehingga stasiun hujan terletak di dalam satu *polygon* (Priyono, 2009) Metode *thiessen* tersebut memperhitungkan rata-rata bobot (*weighted average*) dari masing-masing stasiun hujan kemudian ditentukan luas daerah pengaruhnya berdasarkan *polygon* yang dibentuk.

3.4.2. Pembuatan Satuan Peta Lahan (SPL)

Pembuatan Satuan Peta Lahan (SPL) di lokasi penelitian didasarkan pada pedoman Petunjuk Teknis Survei dan Pemetaan Tanah Tingkat Semi Detail yang diterbitkan Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pertanian tahun 2014. SPL dibuat berdasarkan *overlay* peta kemiringan lereng, peta geologi dan peta bentuk lahan menggunakan *software ArcGIS 9.3*. Pembuatan peta kemiringan lereng mengacu dari data DEM kemudian diolah menggunakan *software ArcGIS 9.3*. Pembuatan peta geologi dilakukan dengan digitasi ulang dari peta geologi lembar Ponorogo skala 1:100.000 yang diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi tahun 1997.

Delineasi satuan *landform* dilakukan dengan menganalisis data DEM yang di-*overlay*-kan dengan peta geologi, peta rupabumi, serta data kontur. Penamaan grup-sub grup *landform* mengacu pada Pedoman Klasifikasi Landform (Marsoedi *et al.*, 1997). Hasil analisis menunjukkan wilayah Kecamatan Ngargoyoso terbagi atas 5 bentuk lahan yakni kepundan/kawah, lereng vulkan atas, lereng vulkan tengah, lereng vulkan bawah dan perbukitan vulkan. Bentuk lahan lereng vulkan atas dan kepundan/kawah tidak dimasukkan ke dalam satuan peta lahan dikarenakan akses yang tersedia kurang memadai (termasuk kawasan hutan) serta diasumsikan walaupun terjadi peristiwa longsor pada bentuk lahan tersebut kurang terlalu berdampak kepada masyarakat sekitar. Peta *landform* atau bentuk lahan Kecamatan Ngargoyoso tersaji pada Lampiran 4. Bagan pembuatan satuan peta lahan Kecamatan Ngargoyoso adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Bagan Pembuatan SPL

SPL dibuat sebagai acuan dalam pengambilan data lapangan berupa pembuatan *minipit* ditambah pengeboran tanah untuk identifikasi kedalaman efektif dan pengambilan sampel tanah untuk dianalisis tekstur serta permeabilitas. Peta SPL Kecamatan Ngargoyoso dan titik lokasi pengamatan tanah tersaji pada

Lampiran 5. Dari hasil *overlay* didapat 16 satuan peta lahan di lokasi penelitian yang tersaji pada Tabel 11 adalah sebagai berikut :

Tabel 10. Keterangan Satuan Peta Lahan di Lokasi Penelitian

No SPL	Kode SPL	Keterangan		
		Landform	Kemiringan lereng	Geologi
1.	V1113.I.Qlla	Lereng Vulkan Bawah	0% -8%	Lahar Lawu
2.	V1113.I.Qvl	Lereng Vulkan Bawah	0%-8%	Batuan Gunungapi Lawu
3.	V1113.II.Qlla	Lereng Vulkan Bawah	>8%-15%	Lahar Lawu
4.	V1113.II.Qvl	Lereng Vulkan Bawah	>8%-15%	Batuan Gunungapi Lawu
5.	V1113.III.Qlla	Lereng Vulkan Bawah	>15%-25%	Lahar Lawu
6.	V1113.III.Qvl	Lereng Vulkan Bawah	>15%-25%	Batuan Gunungapi Lawu
7.	V1113.IV.Qlla	Lereng Vulkan Bawah	>25%-45%	Lahar Lawu
8.	V1113.IV.Qvl	Lereng Vulkan Bawah	>25%-45%	Batuan Gunungapi Lawu
9.	V1112.II.Qvl	Lereng Vulkan Tengah	>8%-15%	Batuan Gunungapi Lawu
10.	V1112.III.Qvl	Lereng Vulkan Tengah	>15%-25%	Batuan Gunungapi Lawu
11.	V1112.III.Qlla	Lereng Vulkan Tengah	>15%-25%	Lahar Lawu
12.	V1112.IV.Qlla	Lereng Vulkan Tengah	>25%-45%	Lahar Lawu
13.	V1112.V.Qvl	Lereng Vulkan Tengah	>45%	Batuan Gunungapi Lawu
14.	V71.III.Qvl	Perbukitan Vulkan	>15%-25%	Batuan Gunungapi Lawu
15.	V71.IV.Qvl	Perbukitan Vulkan	>25%-45%	Batuan Gunungapi Lawu
16.	V71.V.Qvl	Perbukitan Vulkan	>45%	Batuan Gunungapi Lawu

3.4.3. Pengumpulan Data Lapangan

Pengumpulan data lapangan mengacu pada satuan peta lahan yang sudah dibuat. Kegiatan lapangan meliputi pembuatan *minipit* dengan kedalaman 50 cm ditambah pengeboran tanah sebanyak 3 kali untuk mengidentifikasi kedalaman efektif serta pengambilan sampel tanah utuh untuk analisis laboratorium sifat fisik tanah yang meliputi tekstur serta permeabilitas. Pada setiap satuan peta lahan metode pengambilan sampel tanah dilakukan dengan menggunakan *ring* sampel pada kedalaman 0-30 cm kemudian diwadahkan plastik dan diberi label. Terdapat

48 sampel tanah utuh untuk dianalisis laboratorium, dengan pembagian 32 sampel tanah untuk analisis tingkat permeabilitas (dilakukan 2 kali ulangan) dengan sampel tanah yang berbeda pada setiap SPL. Sedangkan 16 sampel berikutnya ditujukan untuk analisis tekstur tanah. Analisis sifat fisik tanah dilakukan di Laboratorium Fisika Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Berikut Tabel 12 menjelaskan analisis karakteristik sifat fisik tanah yang diperlukan dalam penelitian.

Tabel 11. Analisis Karakteristik Fisika Tanah

No	Karakteristik	Metode/Alat
1.	Tekstur	Pipet
2.	Permeabilitas	Permeameter

Selanjutnya, dari data lapangan yang sudah di dapat kemudian diolah dengan menggunakan *software ArcGIS 9.3* untuk dimasukkan ke dalam atribut SPL kemudian diberi skor pada setiap kelas permeabilitas tanah, tekstur tanah dan kedalaman efektif tanah.

3.4.4. Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan melakukan pengolahan data yang sudah didapatkan sebelumnya seperti data curah hujan, kemiringan lereng, geologi, penggunaan lahan serta data lapangan yakni sifat fisik tanah yang diwakili dalam satuan peta lahan meliputi data permeabilitas tanah, tekstur tanah serta kedalaman efektif tanah yang kemudian di tumpang susunkan/*overlay* untuk dibuat peta sebaran daerah rawan longsor dengan menggunakan *software ArcGIS 9.3*.

3.4.5. Validasi Peta

Validasi peta dilakukan dengan survei lapang mengacu pada peta sebaran daerah rawan longsor yang sudah dibuat. Survei ini juga dilakukan untuk meninjau titik-titik kejadian longsor yang terjadi dengan kondisi aktual di lapang yang disebut *groundcheck*. Sesuai dengan Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah Kabupaten Karanganyar, Provinsi Jawa Tengah yang diterbitkan Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi menerangkan bahwa kriteria zona kerawanan rendah dicirikan dengan kemiringan lereng landai (5-15%) hingga sangat terjal (50-70%), tergantung pada sifat fisik tanah dan batuan, dengan vegetasi umumnya berupa hutan atau perkebunan. Zona kerawanan menengah dicirikan dengan kemiringan lereng landai (5-15%) sampai sangat curam hingga

hampir tegak (>70%), tergantung pada sifat fisik tanah dan batuan, dengan vegetasi umumnya kurang sampai sangat jarang. Pada zona ini dapat terjadi gerakan tanah terutama pada daerah yang berbatasan dengan lembah sungai, gawir, tebing jalan atau jika lereng mengalami gangguan dan gerakan tanah lama dapat aktif kembali akibat curah hujan yang tinggi. Zona kerawanan tinggi dicirikan dengan kemiringan lereng agak terjal (30-50%) hingga hampir tegak (>70%), tergantung pada sifat fisik tanah dan batuan, dengan vegetasi umumnya sangat jarang. Pada zona ini gerakan tanah lama dapat aktif kembali akibat curah hujan tinggi.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.22/PRT/M/2007 menambahkan kriteria zona berpotensi longsor di daerah lereng gunung atau pegunungan untuk kriteria penggunaan lahan pada daerah kerawanan tinggi dan menengah dicirikan dengan penggunaan lahan tanaman berakar serabut yakni sawah/ladang, sedangkan untuk daerah kerawanan menengah dicirikan dengan penggunaan lahan pohon kayu yang berakar tunjang (hutan/perkebunan). Kemudian dihitung presentase keakurasiannya dengan membandingkan antara kecocokan titik sampel dengan temuan di lapang lalu dibagi dengan jumlah titik sampel yang ada.

Berikut rumus *accurassion assessment* :

$$\text{Accurassion assessment} = \frac{\sum \text{titik cocok dengan groundcheck}}{\sum \text{semua titik pengamatan}} \times 100\%$$

Menurut *National Park Service Vegetation Inventory* (2010), hasil *accurassion assessment* dikatakan akurat apabila nilai yang dihasilkan $\geq 80\%$, jika hasil $< 80\%$ maka data yang dihasilkan tidak akurat.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

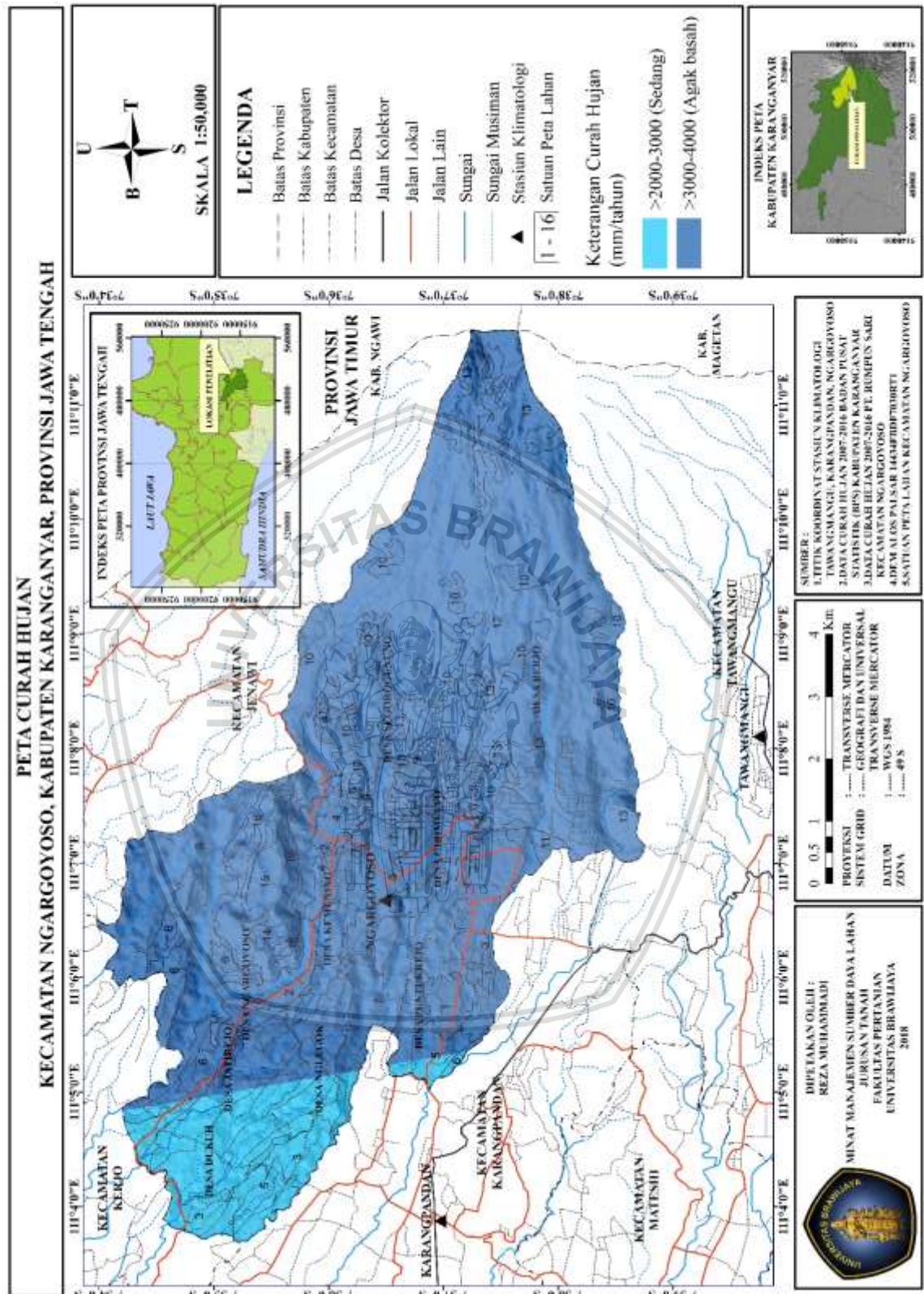
4.1.1. Karakteristik Lokasi Penelitian

Karakteristik lokasi penelitian terbagi atas beberapa faktor pemicu terjadinya tanah longsor yang digunakan antara lain karakteristik curah hujan, kemiringan lereng, geologi, penggunaan lahan serta faktor sifat fisik tanah yang meliputi permeabilitas, tekstur dan kedalaman efektif tanah. Beberapa faktor tersebut dijelaskan mulai dari A sampai G di bawah.

A. Curah Hujan

Sebagai salah satu parameter penting pemicu terjadinya tanah longsor, intensitas curah hujan akan dapat menentukan seberapa besar peluang dan lokasi akan terjadinya tanah longsor. Hujan dengan intensitas tinggi akan lebih berpotensi terjadinya tanah longsor di suatu daerah. Berdasarkan klasifikasi curah hujan menurut BBSDLP (2009), kondisi intensitas curah hujan di Kecamatan Ngargoyoso terbagi antara $>2000 - 3000$ mm/tahun dan $>3000 - 4000$ mm/tahun. Data curah hujan yang digunakan mulai dari kurun waktu tahun 2007-2016 dari 3 stasiun pengukuran curah hujan yakni stasiun klimatologi Karangpandan, Tawangmangu dan stasiun klimatologi PT. Rumpun Sari, Ngargoyoso. Pembuatan peta curah hujan dilakukan dengan menggunakan metode *polygon thiessen*.

Penerapan metode *polygon thiessen* adalah anggapan bahwa setiap stasiun hujan dapat mewakili tebal hujan dari suatu daerah dengan luas tertentu yang dibatasi garis tegak lurus yang menghubungkan setiap stasiun hujan yang berdekatan, sehingga stasiun hujan terletak di dalam satu *polygon* (Priyono, 2009) Metode *thiessen* tersebut memperhitungkan rata-rata bobot (*weighted average*) dari masing-masing stasiun hujan kemudian ditentukan luas daerah pengaruhnya berdasarkan *polygon* yang dibentuk. Peta curah hujan Kecamatan Ngargoyoso tersaji pada Gambar 4.



Gambar 1. Peta Curah Hujan Kecamatan Ngargoyoso

Berikut kondisi persebaran intensitas curah hujan di Kecamatan Ngargoyoso yang tersaji pada Tabel 13.

Tabel 1. Intensitas dan Distribusi Curah Hujan Kecamatan Ngargoyoso

No	Curah Hujan (mm/tahun)	SPL	Skor	Luas (ha)	Presentase (%)
1.	>2000-3000 (Sedang)	3, 5, 6, 7, dan 8	3	657,36	10,75
2.	>3000-4000 (Agak basah)	1 sampai 16	4	5.458,28	89,25
Jumlah				6.115,64	100

Sumber: Hasil analisis

Wilayah Kecamatan Ngargoyoso terbagi atas 2 klasifikasi curah hujan dengan intensitas sedang dan agak basah. Intensitas curah hujan agak basah yakni >3000-4000 mm/tahun dengan luas sekitar 5.458,28 ha dengan presentase 89,25% terdapat pada semua SPL di Kecamatan Ngargoyoso, kemudian intensitas curah hujan sedang yakni >2000-3000 mm/tahun mempunyai luas 657,36 ha dengan presentasenya 10,75% dan terdapat pada sebagian SPL 3,5,6,7 dan 8.

Hardiyatmo (2006) dalam Priyono *et al.* (2009) mengemukakan bahwa intensitas curah hujan yang cukup tinggi, ditunjang dengan kondisi tanah yang kurang stabil mengakibatkan longsor. Hujan juga dapat menyebabkan terjadinya aliran permukaan yang dapat menyebabkan terjadinya erosi pada kaki lereng dan berpotensi menambah besaran sudut kelerengan yang akan berpotensi menyebabkan longsoran (Karnawati, 2003).

B. Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng merupakan faktor penting pemicu terjadinya tanah longsor. Karnawati (2003) mengemukakan kemiringan lereng merupakan salah satu faktor penting dalam terjadinya tanah longsor. Kondisi lereng melebihi 45% perlu diperhatikan terhadap terjadinya tanah longsor serta memperhatikan faktor lain yang mendukung. Nursa'ban *et al.* (2009) menambahkan kemiringan lereng akan memperbesar jumlah aliran permukaan dan kecepatan aliran meningkat sehingga kekuatan mengangkut material meningkat pula akhirnya kemampuan air untuk mengerosi atau melongsorkan tanah semakin besar. Pembuatan peta kemiringan lereng Kecamatan Ngargoyoso didasarkan pada pengolahan data *Digital Elevation Model* (DEM) *alos palsar* tahun perekam 27 Agustus 2009 dengan menggunakan *software Arc.GIS 9.3*.

Berikut Tabel 14 menjelaskan luas dan presentase kemiringan lereng di Kecamatan Ngargoyoso.

Tabel 2. Luas dan Presentase Kemiringan Lereng Kecamatan Ngargoyoso

No	Kemiringan Lereng	SPL	Skor	Luas (ha)	Presentase (%)
1.	0-8% (Datar)	1 dan 2	1	108,46	1,77
2.	>8-15% (Landai)	3,4, dan 9	2	684,29	11,19
3.	>15-25% (Agak curam)	5,6,10,11, dan 14	3	1.820,81	29,77
4.	>25-45% (Curam)	7,8,12 dan 15	4	3.126,06	51,12
5.	>45% (Sangat curam)	13 dan 16	5	376,02	6,15
Jumlah				6.115,64	100

Sumber: Hasil analisis

Berdasarkan tabel diatas untuk klasifikasi kemiringan lereng di Kecamatan Ngargoyoso terbagi menjadi :

1. Kemiringan datar (0 – 8%)

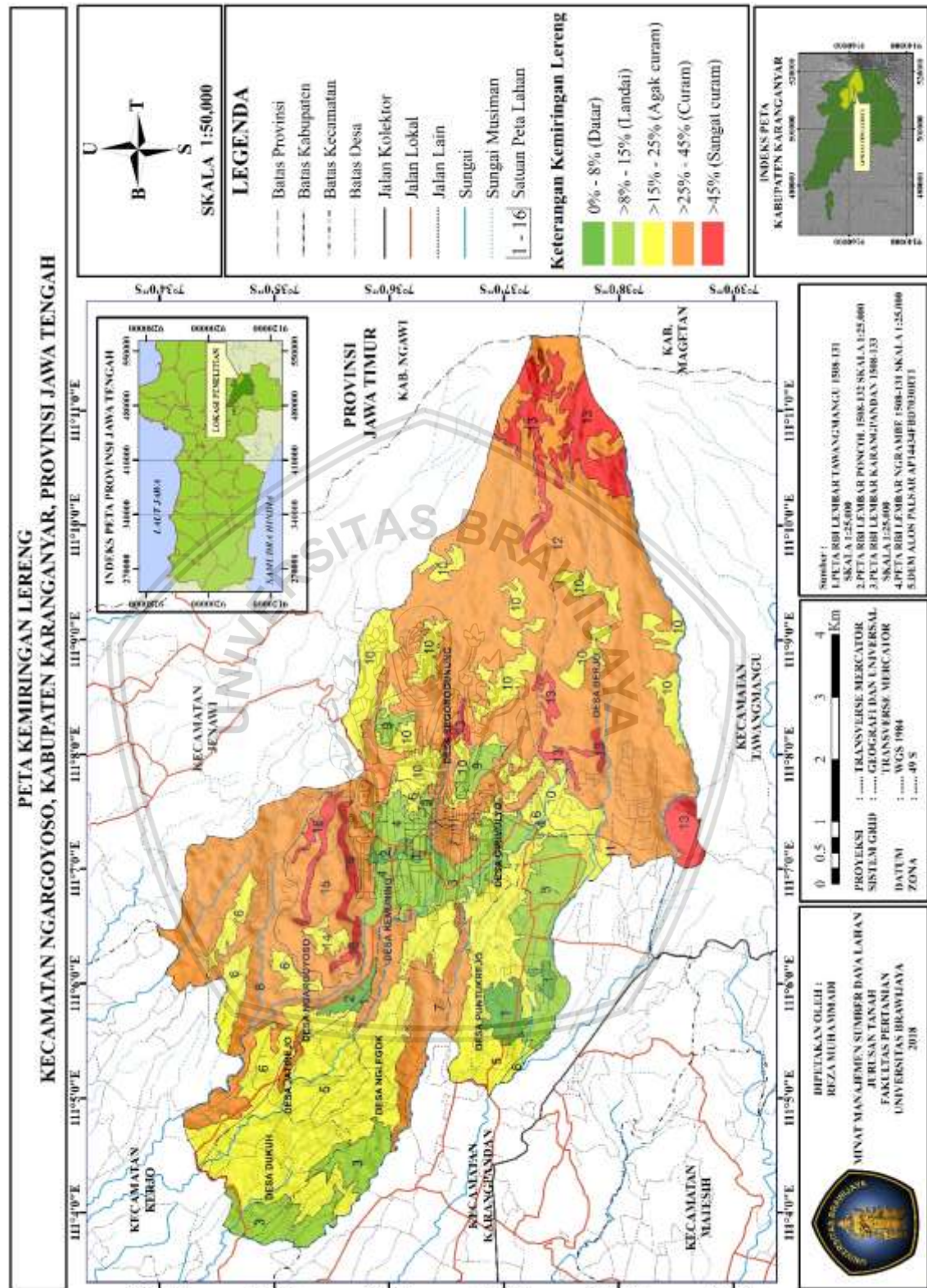
Daerah dengan kelas kemiringan datar yakni menempati distribusi luasan paling sedikit di Kecamatan Ngargoyoso sekitar 108,46 ha atau 1,77%. Wilayah dengan kemiringan ini tersebar dominan di bagian tengah dan sebagian selatan Kecamatan Ngargoyoso terdapat pada SPL 1 dan 2. Wilayah dengan kemiringan datar dominan terdapat di Desa Kemuning dan Desa Puntukrejo.

2. Kemiringan landai (>8 – 15%)

Daerah dengan tingkat kemiringan lereng landai mempunyai luas sekitar 684,29 ha atau 11,19% dari total luas Kecamatan Ngargoyoso. Tersebar di bagian tengah dan barat wilayah Kecamatan Ngargoyoso, terdapat pada SPL 3,4 dan 9. Wilayah dengan kemiringan ini dominan terdapat di Desa Kemuning, Desa Girimulyo dan Desa Puntukrejo. Kawasan permukiman dan sawah lebih mendominasi penggunaan lahan pada kemiringan lereng tersebut.

3. Kemiringan agak curam (>15 – 25%)

Wilayah dengan kemiringan agak curam tersebar dominan di bagian barat wilayah Kecamatan Ngargoyoso, berada di Desa Dukuh, Desa Nglepok dan Desa Jatirejo. Wilayah dengan kemiringan lereng curam memiliki luas sekitar 3.126,06 ha atau 51,12% dari total luas Kecamatan Ngargoyoso, terdapat pada SPL 5,6,10,11 dan 14. Peta kemiringan lereng Kecamatan Ngargoyoso tersaji pada Gambar 5.



Gambar 2. Peta Kemiringan Lereng Kecamatan Ngargoyoso

4. Kemiringan curam ($>25 - 45\%$)

Sesuai dengan kondisi wilayah Kecamatan Ngargoyoso yang berada di lereng sebelah barat Gunung Lawu, untuk tingkat kemiringan lereng curam mendominasi pada wilayah tersebut. Wilayah dengan kemiringan lereng curam memiliki luas sekitar 3.126,06 ha atau 51,12%. Kemiringan tersebut tersebar merata di bagian utara, selatan dan timur wilayah Kecamatan Ngargoyoso, terdapat pada SPL 7,8,12 dan 15 dan berada dominan di Desa Ngargoyoso, Desa Segorogunung, Desa Berjo.

5. Kemiringan Sangat Curam ($>45\%$)

Daerah dengan tingkat kemiringan curam memiliki luas sekitar 376,02 ha atau 6,15%. Persebaran kemiringan lereng ini dominan berada di bagian utara dan selatan Kecamatan Ngargoyoso tepatnya di Desa Ngargoyoso, Desa Kemuning dan Desa Berjo. Penggunaan lahan pada kemiringan lereng ini didominasi hutan, perkebunan dan sebagian tegalan.

C. Penggunaan Lahan

Kondisi penggunaan lahan berkaitan erat dengan dengan peristiwa tanah longsor. Penggunaan lahan berupa hutan atau perkebunan dengan perakaran dalam akan lebih bisa menahan tanah sehingga kurang berpotensi terjadinya tanah longsor. Sebaliknya, daerah dengan penggunaan lahan berupa sawah, tegalan ataupun semak belukar yang berada pada kemiringan lereng curam maka akan berpotensi terjadinya tanah longsor. Wilayah Kecamatan Ngargoyoso yang berada di dataran tinggi tersebut banyak dijumpai kegiatan pertanian semusim yang dilakukan di lereng curam seperti Gambar 6, dimana hal tersebut sangat memicu terjadinya longsor.



Gambar 3. Penggunaan Lahan Tegalan pada Kemiringan Lereng Curam di Desa Berjo (SPL 12)

Pada lahan persawahan akarnya kurang kuat untuk mengikat butir tanah dan membuat tanah membuat tanah menjadi lembek dan jenuh dengan air sehingga mudah terjadi longsor (Priyono *et al.*, 2009). Berdasarkan klasifikasi penggunaan lahan menurut BBSDLP (2009) penggunaan lahan Kecamatan Ngargoyoso terbagi atas permukiman, hutan, perkebunan, semak belukar, tegalan dan sawah. Sumber peta berasal dari Badan Perencanaan dan Pembangunan Kabupaten Karanganyar Tahun 2015. Peta penggunaan lahan Kecamatan Ngargoyoso tersaji pada Gambar 8. Berikut Tabel 15 menjelaskan luas dan distribusi penggunaan lahan di Kecamatan Ngargoyoso.

Tabel 3. Luas dan Presentase Penggunaan Lahan di Kecamatan Ngargoyoso

No	Penggunaan Lahan	SPL	Skor	Luas (ha)	Presentase (%)
1.	Permukiman	1,3,4,5,6,7,8,9,10, 11,12, dan 15	2	1.122,40	18,35
2.	Hutan dan Perkebunan	2,3,5,6,7,8,9,10,11, 12,13,14,15, dan 16	3	3.680,76	60,19
3.	Semak belukar	6,7,8,10,12,13,14, 15, dan 16	4	451,26	7,38
4.	Sawah dan Tegalan	1,2,3,4,5,6,7,8,10, 11,12,13,dan 15	5	861,22	14,08
Jumlah				6.1154,64	100

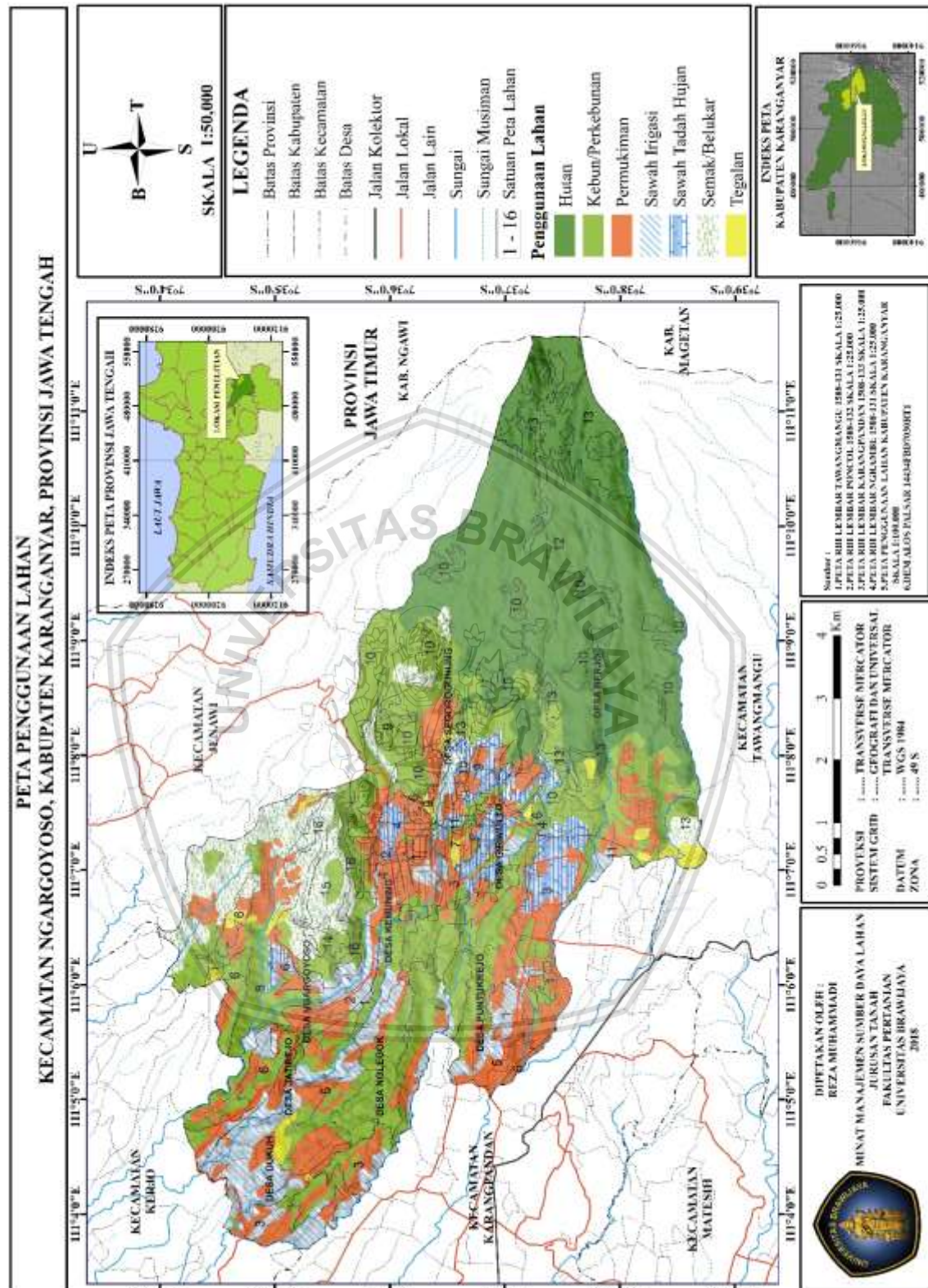
Sumber : Hasil analisis

1. Hutan

Penggunaan lahan berupa hutan di Kecamatan Ngargoyoso terdapat di bagian timur lebih tepatnya dominan berada di Desa Berjo dan Desa Segorogunung. Kawasan hutan tersebut memiliki luas sekitar 1.800,78 ha atau 29,45% dari total luas Kecamatan Ngargoyoso. Penggunaan lahan ini terdapat di SPL 2,3,5,6,7,8,9,10,11, 12,13,14,15, dan 16, berada pada kelas kemiringan beragam mulai landau hingga sangat curam.



Gambar 4. Penggunaan Lahan Hutan di Kecamatan Ngargoyoso



Gambar 5. Peta Penggunaan Lahan Kecamatan Ngargoyoso

2. Kebun/Perkebunan

Penggunaan lahan kebun/perkebunan di Kecamatan Ngargoyoso mendapati presentase luasan terbesar yakni sekitar 1.879,98 ha atau 30,74% dari total luas Kecamatan Ngargoyoso dengan persebaran terdapat di seluruh desa. Penggunaan lahan ini dominan terdapat di bagian barat, tengah, utara Kecamatan Ngargoyoso atau lebih tepatnya dominan berada di Desa Nlegok, Desa Puntukrejo, Desa Kemuning dan Desa Segorogunung. Penggunaan lahan tersebut terdapat pada SPL 2,3,5,6,7,8,9, 10,11, 12,13,14,15, dan 16, berada pada kelas kemiringan beragam mulai landai hingga sangat curam.



Gambar 6. Penggunaan Lahan Perkebunan di Kecamatan Ngargoyoso

3. Permukiman

Wilayah permukiman yang terdapat di Kecamatan Ngargoyoso mempunyai luas sekitar 1.122,40 atau 18,35% dari total luas Kecamatan Ngargoyoso. Penggunaan lahan ini terdapat pada SPL 1,3,4,5,6,7,8,9,10, 11,12, dan 15 tersebar di seluruh desa dan terdapat pada berbagai kelas kemiringan mulai dari datar hingga curam.



Gambar 7. Penggunaan Lahan Permukiman di Kecamatan Ngargoyoso

4. Sawah

Penggunaan lahan persawahan di Kecamatan Ngargoyoso memiliki luas 767,21 ha atau sekitar 12,55%. Lahan sawah di Kecamatan

Ngargoyoso tersebar di seluruh desa dengan luasan dominan berada di Desa Dukuh dan Desa Jatirejo, Desa Berjo, Desa Girimulyo, Desa Segorogunung. Penggunaan lahan persawahan di Kecamatan Ngargoyoso terdapat pada SPL 1,2,3,4,5,6,7,8,10,11,12,13,dan 15, berada pada kemiringan antara datar hingga agak curam.



Gambar 8. Penggunaan Lahan Sawah di Kecamatan Ngargoyoso

5. Semak Belukar

Areal semak belukar di Kecamatan Ngargoyoso memiliki luas sekitar 451,26 ha atau 7,38% dari total luas Kecamatan Ngargoyoso. Persebaran areal semak belukar dominan berada di bagian utara tepatnya di Desa Ngargoyoso, dan sebagian di Desa Berjo dan Desa Segorogunung. Penggunaan lahan berupa semak belukar terdapat pada SPL 6,7,8,10,12,13,14, 15, dan 16, berada di kelas kemiringan agak curam sampai sangat curam.



Gambar 9. Penggunaan Lahan Semak Belukar di Kecamatan Ngargoyoso

6. Tegalan

Penggunaan lahan berupa tegalan yang terdapat di Kecamatan Ngargoyoso memiliki luas sekitar 94,01 ha atau sekitar 1,53% dari total luas Kecamatan Ngargoyoso. Persebaran lahan tegalan berada di Desa Berjo, Desa Dukuh, Desa Girimulyo, Desa Kemuning, Desa Ngargoyoso dan Desa Segorogunung. Penggunaan lahan tersebut terdapat pada SPL

1,2,3,4,5,6,7, 8,10,11,12,13,dan 15 berada di kemiringan landai hingga sangat curam.



Gambar 10. Penggunaan Lahan Tegalan di Kecamatan Ngargoyoso

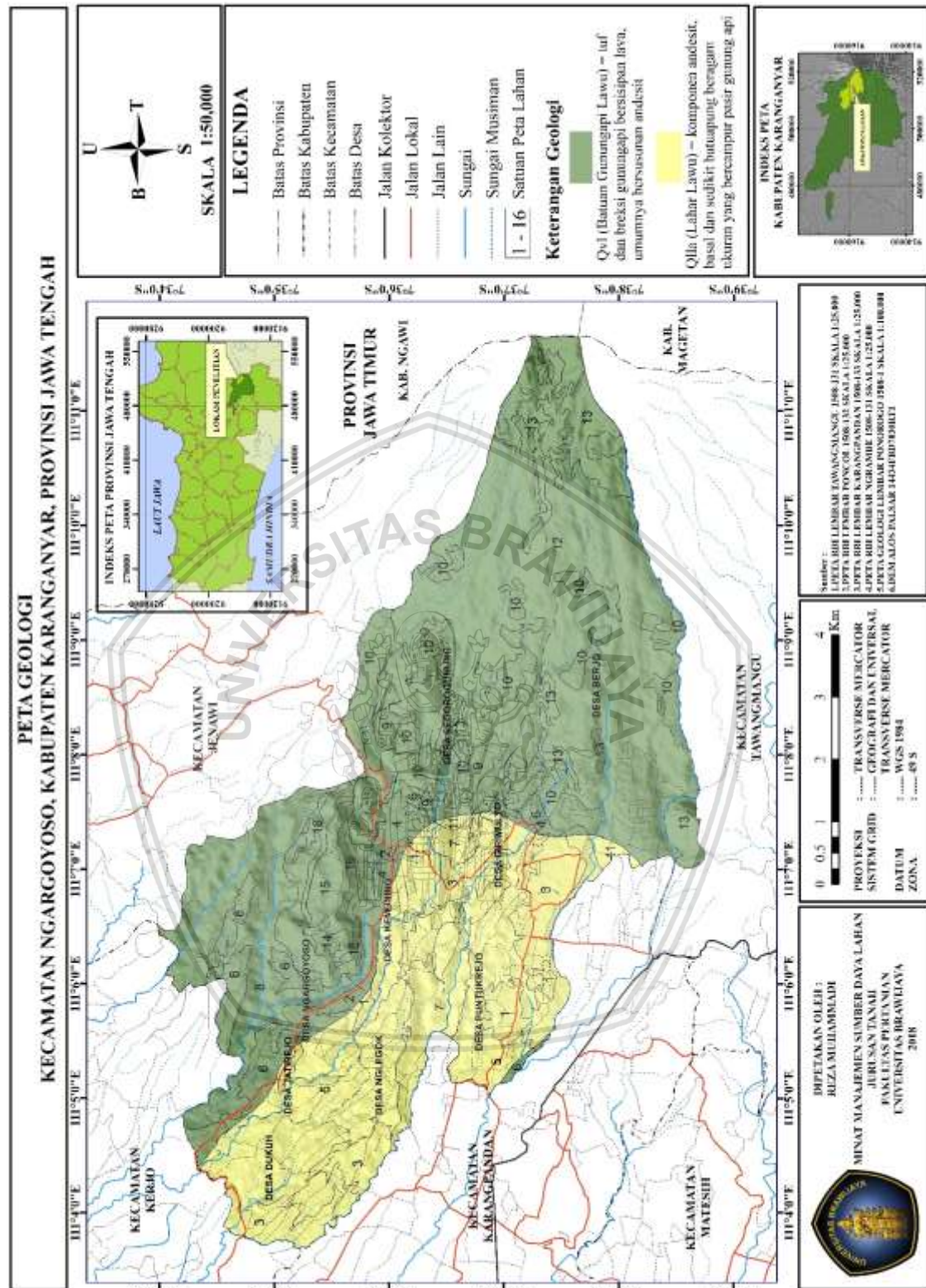
D. Geologi

Struktur batuan dan komposisi mineraloginya merupakan salah satu faktor penting pemicu terjadinya peristiwa tanah longsor. Di daerah pegunungan, jenis batuan didominasi oleh bahan sedimen dan vulkanik yang mempunyai sifat kedap air sehingga pada kondisi jenuh air dapat berfungsi sebagai bidang luncur pada kejadian longsor. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.22/PRT/M/2007 menjelaskan untuk sifat batuan yang mempunyai kepekaan tinggi terhadap terjadinya tanah longsor yakni batuan yang tersusun atas andesit, breksi andesit, tuf, napal dan batu lempung. Respati *et al.* (2010) menambahkan litologi breksi andesit dan breksi tuff mempunyai tingkat pelapukan yang tinggi sehingga menghasilkan lempung yang bersifat impermeable. Zona impermeable yang tidak dapat ditembus air ini kemudian menjadi bidang gelincir yang baik untuk mendukung terjadinya gerakan tanah atau longsoran.

Berdasarkan peta geologi lembar Ponorogo 1508-1 skala 1 : 100.00 yang diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi tahun 1997 terdapat dua satuan batuan di Kecamatan Ngargoyoso antara lain :

1. Qv1 (Batuan Gunungapi Lawu)

Batuan gunungapi lawu tersusun atas tuf dan breksi gunungapi bersisipan lava, umumnya bersusunan andesit. Sebagian besar satuan batuan di Kecamatan Ngargoyoso terdiri dari batuan tersebut dengan luas sekitar 4.208,46 atau 68,81% dan terdapat pada SPL 2,4,6,8,9,10,12,13,14,15 dan 16. Peta geologi Kecamatan Ngargoyoso tersaji pada Gambar 14.



Gambar 11. Peta Geologi Kecamatan Ngargoyoso

Berikut Tabel 16 menjelaskan luas dan distribusi satuan batuan di Kecamatan Ngargoyoso.

Tabel 4. Luas dan Presentase Geologi di Kecamatan Ngargoyoso

No	Geologi	SPL	Skor	Luas (ha)	Presentase (%)
1.	Qv1 (Batuan Gunungapi Lawu); Tuf dan breksi gunungapi bersisipan lava, umumnya bersusunan andesit	2,4,6,8,9, 10,12,13, 14,15 dan 16	4	4.208,46	68,81
2.	Qlla (Lahar Lawu); Komponen andesit, basal dan sedikit batuapung beragam ukuran yang bercampur pasir gunung api	1,3,5,7 dan 11	3	1.907,18	31,19
Jumlah				6.115,64	100

Sumber: Hasil analisis

2. Qlla (Lahar Lawu)

Lahar lawu tersusun atas komponen andesit, basal dan sedikit batuapung beragam ukuran yang bercampur pasir gunung api. Sebarannya terutama mengisi wilayah dataran di kaki gunungapi atau membentuk beberapa perbukitan rendah. Luasan satuan batuan tersebut sekitar 1.907,18 ha atau 31,19% terdapat pada SPL 1,3,5,7 dan 11.

E. Tanah

Parameter sifat fisik tanah merupakan salah satu faktor penting pemicu terjadinya tanah longsor. Faktor sifat fisik tanah yang dimaksud antara lain tekstur, permeabilitas dan juga kedalaman efektif tanah. Data sifat fisik tanah diatas didapatkan dari pengamatan lapang dan analisis laboratorium pada tiap satuan peta lahan yang sudah dibuat. Peristiwa longsor erat kaitannya dengan tinggi rendahnya tingkat permeabilitas tanah yang dinyatakan dengan konduktivitas hidraulik jenuh. Konduktivitas hidrolis jenuh dapat diartikan sebagai kecepatan bergeraknya suatu cairan pada media berpori dalam keadaan jenuh (Utomo, 1996 dalam Priyono *et al.*, 2009). Pada kondisi tanah yang jenuh semua pori terisi air dan mengalirkan air sehingga kontinuitas serta kehantaran dalam keadaan maksimum. Apabila dominasi tanah cenderung memiliki populasi pori-pori tanah yang relatif kecil maka kemampuan tanah dalam mengalirkan air sangat sedikit sehingga lapisan atas sampai batas kontak lapisan kedap air akan terus menerus terisi air dan tidak mampu mengalir kelapisan lebih bawah. Oleh karena itu terjadi penjenjuran dan berpotensi longsor (Priyono *et al.*, 2009).

Berikut Tabel 17 menjelaskan karakteristik sifat fisik tanah di lokasi penelitian yang terwakili dalam satuan peta lahan.

Tabel 5. Karakteristik Sifat Fisik Tanah di Lokasi Penelitian

No.	SPL	Permeabilitas	Tekstur Tanah	Kedalaman Efektif
1.	V1113.I.Qlla	Sedang	Lempung berdebu	Dalam
2.	V1113.I.Qvl	Sedang	Lempung berdebu	Dalam
3.	V1113.II.Qlla	Agak lambat	Lempung berliat	Dalam
4.	V1113.II.Qvl	Agak lambat	Lempung berliat	Dalam
5.	V1113.III.Qlla	Sedang	Lempung berdebu	Dalam
6.	V1113.III.Qvl	Sedang	Lempung berliat	Dalam
7.	V1113.IV.Qlla	Sedang	Lempung	Dalam
8.	V1113.IV.Qvl	Cepat	Lempung berdebu	Dalam
9.	V1112.II.Qvl	Agak cepat	Lempung	Dalam
10.	V1112.III.Qvl	Sedang	Lempung berdebu	Dalam
11.	V1112.III.Qlla	Agak cepat	Lempung berdebu	Dalam
12.	V1112.IV.Qvl	Agak cepat	Lempung berdebu	Dalam
13.	V1112.V.Qvl	Cepat	Lempung berdebu	Dalam
14.	V71.III.Qvl	Sedang	Lempung liat berdebu	Dalam
15.	V71.IV.Qvl	Agak cepat	Lempung liat berdebu	Dalam
16.	V71.V.Qvl	Agak cepat	Lempung berdebu	Dalam

Sumber: Hasil analisis

Hasil analisis laboratorium menunjukkan kelas permeabilitas di wilayah Kecamatan Ngargoyoso cenderung beragam mulai agak lambat hingga cepat. Kelas permeabilitas agak lambat terdapat pada SPL 3 dan 4 dengan luas 626,97 ha atau 10,25%. Kelas permeabilitas sedang memiliki luas 2.208,65 ha atau 36,11% dan terdapat pada SPL 1,2,5,6,7,10 dan 14. Kelas permeabilitas agak cepat merupakan yang mendominasi di wilayah Kecamatan Ngargoyoso dengan luas 2.339,14 ha atau 38,25% terdapat pada SPL 9,11,12,15 dan 16. Selanjutnya kelas permeabilitas cepat memiliki luas 940,88 atau 15,38% terdapat pada SPL 8 dan 13. Peta permeabilitas tanah Kecamatan Ngargoyoso tersaji pada Lampiran 6. Berikut Tabel 18 menjelaskan permeabilitas tanah di Kecamatan Ngargoyoso.

Tabel 6. Luas dan Distribusi Permeabilitas Tanah Kecamatan Ngargoyoso

No	Permeabilitas/KHJ (cm/jam)	SPL	Skor	Luas (ha)	Presentase (%)
1.	Sangat lambat (<0,5)	-	5	-	-
2.	Agak lambat (>0,5-2)	3 dan 4	4	626,97	10,25
3.	Sedang (>2-6,25)	1,2,5,6,7,10 dan 14	3	2.208,65	36,11
4.	Agak cepat (>6,25-12,5)	9,11,12,15 dan 16	2	2.339,14	38,25
5.	Cepat (>12,5)	8 dan 13	1	940,88	15,38
Jumlah				6.115,64	100

Sumber: Hasil analisis

Sifat fisik tanah yakni tekstur tanah juga berpengaruh terhadap terjadinya tanah longsor. Proporsi tanah baik dari butir pasir, debu, dan liat akan sangat mempengaruhi respon terhadap masukan air (infiltrasi) tanah sehingga mampu menentukan peluang terjadinya longsor (Priyono *et al.*, 2009). Hasil analisis laboratorium menunjukkan lokasi penelitian dominan oleh tekstur tanah lempung berdebu dengan luas 4.631,32 ha atau 75,72% terdapat pada SPL 1,2,5,8,10,11,12, 13 dan 15 selanjutnya tekstur lempung berliat dengan luas 908,27 ha atau 14,85% terdapat pada SPL 3,4 dan 6. Tekstur tanah lempung memiliki luas 339,24 ha atau 5,55% terdapat pada SPL 7 dan 9 dan tekstur lempung liat berdebu terdapat pada SPL 14 dan 16 dengan luas 236,29 ha atau 3,83%. Berikut Tabel 19 menjelaskan mengenai tekstur tanah di lokasi penelitian.

Tabel 7. Luas dan Distribusi Tekstur Tanah Kecamatan Ngargoyoso

No	Tekstur	SPL	Skor	Luas (ha)	Presentase (%)
1	Pasir, Pasir berlempung, Lempung	7 dan 9	4	339,24	5,55
2	Lempung berpasir, Lempung liat berpasir, Lempung berdebu	1, 2, 5, 8, 10, 11, 12, 13 dan 15	3	4.631,32	75,72
3	Lempung liat berdebu, Debu, Liat berdebu	14 dan 16	2	236,29	3,83
4	Liat, Lempung berliat	3, 4 dan 6	1	908,27	14,85
Jumlah				6.115,64	100

Sumber: Hasil analisis

Kocher dan John (2006) mengemukakan tanah bertekstur pasir dan debu sangat rawan terhadap terjadinya longsor dibandingkan dengan tekstur liat yang memiliki daya menahan air lebih baik. Tanah dengan tekstur pasir, pasir berlempung dan lempung berpasir umumnya bersifat lunak dan mudah dilalui air sehingga mudah terjadi longsor. Peta tekstur tanah Kecamatan Ngargoyoso tersaji pada Lampiran 7.

Kedalaman efektif tanah juga berpengaruh terhadap proses terjadinya longsor, semakin dalam tanah maka semakin peka terhadap longsor. Identifikasi kedalaman efektif tanah dilakukan dengan membuat minipit dengan kedalaman 50 cm kemudian ditambah dengan pengeboran tanah sebanyak 3 kali pada setiap satuan peta lahan. Hasil identifikasi menunjukkan tingkat kedalaman efektif tanah di Kecamatan Ngargoyoso termasuk kedalaman efektif dalam yakni >90 cm. Kedalaman tanah berhubungan dengan kondisi pertumbuhan akar tanaman dalam

menjaga kestabilan lereng. Lereng yang tersusun oleh tumpukan tanah yang tebal relatif lebih rentan terhadap longsor lahan karena mampu menyimpan air lebih banyak dan mengakibatkan penjenjutan pada tanah sehingga tekanan air untuk merenggangkan ikatan tanah meningkat dan akhirnya massa tanah terangkut oleh aliran air dalam lereng (Karnawati, 2003).

4.2. Pembahasan

4.2.1. Sebaran Daerah Rawan Longsor di Kecamatan Ngargoyoso

Peta sebaran daerah rawan longsor di Kecamatan Ngargoyoso, Kabupaten Karanganyar terbagi menjadi tiga kelas klasifikasi kerawanan yakni kerawanan rendah, menengah dan tinggi. Hasil klasifikasi kelas kerawanan didasarkan tumpangtumpang/overlay parameter pemicu terjadinya tanah longsor antara lain faktor curah hujan, kemiringan lereng, penggunaan lahan, geologi, serta data lapangan yang diperoleh antara lain permeabilitas tanah, tekstur tanah dan kedalaman efektif tanah. Dari hasil *overlay* didapat kelas kerawanan rendah memiliki luas 963,74 ha atau 15,76% terdapat pada SPL 1,2,3,4,5 dan 9. Kelas kerawanan menengah merupakan yang mendominasi di Kecamatan Ngargoyoso dengan luas 4.198,40 ha atau 68,65% terdapat pada SPL 3,4,5,6,7,8,10,11,12,14 dan 15. Sedangkan kelas kerawanan tinggi memiliki luas 953,50 ha atau 15,59% dan terdapat pada SPL 6,7, 8,11,12,13,15 dan 16. Berikut Tabel 20 menjelaskan sebaran kelas kerawanan longsor di Kecamatan Ngargoyoso.

Tabel 8. Sebaran Daerah Rawan Longsor di Kecamatan Ngargoyoso

No.	Kelas Kerawanan	SPL	Luas (Ha)	Presentase (%)
1.	Rendah	1,2,3,4,5 dan 9	963,74	15,76
2.	Menengah	3,4,5,6,7,8,10,11, 12, 14 dan 15	4.198,40	68,65
3.	Tinggi	6,7,8,11,12,13,15 dan 16	953,50	15,59
Jumlah			6.115,64	100

Sumber: Hasil analisis

4.2.2.1. Kelas Kerawanan Tanah Longsor Rendah

Kelas kerawanan longsor rendah artinya daerah tersebut kemungkinan kecil terjadinya tanah longsor. Daerah dengan kelas kerawanan rendah dicirikan dengan curah hujan sedang (>2000-3000 mm/tahun) hingga agak basah (>3000-4000 mm/tahun), memiliki kemiringan lereng mulai dari datar hingga landai. Penggunaan lahan pada daerah ini antara lain permukiman,

perkebunan, hutan, sawah dan tegalan. Tekstur tanah pada daerah ini meliputi lempung berliat, lempung berdebu dan lempung. Tingkat permeabilitas pada kelas kerawanan ini agak lambat hingga agak cepat dengan kedalaman efektif tanahnya dalam. Luas daerah kerawanan longsor rendah yakni 963,74 ha atau sekitar 15,76% dari total luas Kecamatan Ngargoyoso.

Kelas kerawanan longsor rendah terdapat pada SPL 1,2,3,4,5 dan 9 tersebar di wilayah barat dan sebagian kecil di tengah Kecamatan Ngargoyoso tepatnya berada dominan di Desa Dukuh dan Desa Puntukrejo. Kelas kerawanan tersebut sesuai fakta dilapangan dimana wilayah tersebut didominasi oleh kemiringan lereng yang tidak curam sehingga kemungkinan kecil terjadi bencana tanah longsor. Berikut Gambar 15 menunjukkan lokasi pengamatan kerawanan tanah longsor rendah di lokasi penelitian.



Gambar 12. (a) Lokasi Pengamatan Daerah Kerawanan Tanah Longsor Rendah di Desa Puntukrejo (SPL 3), (b) Lokasi Pengamatan Daerah Kerawanan Tanah Longsor Rendah di Desa Puntukrejo (SPL 1)

Pada lokasi pengamatan di Desa Puntukrejo (Gambar 15a) mempunyai ciri kemiringan lereng datar yakni sekitar 4% dengan penggunaan lahan berupa permukiman, selanjutnya pada lokasi pengamatan di Desa Puntukrejo (Gambar 15b) memiliki ciri kemiringan sekitar 6% dengan penggunaan lahan sawah.

4.2.2.2. Kelas Kerawanan Tanah Longsor Menengah

Kelas kerawanan longsor menengah tersebar hampir di seluruh Kecamatan Ngargoyoso. Luas daerah kerawanan longsor menengah adalah yang mendominasi di lokasi penelitian yakni 4.198,40 ha atau 68,65% dari total luas Kecamatan Ngargoyoso. Karakteristik pada daerah ini memiliki curah hujan sedang ($>2000-3000$ mm/tahun) hingga agak basah ($>3000-4000$

mm/tahun), memiliki kemiringan lereng mulai dari landai hingga sangat curam. Penggunaan lahan pada daerah ini antara lain permukiman, hutan, perkebunan, semak belukar, sawah dan tegalan. Tekstur tanah pada kelas kerawanan ini adalah lempung berliat, lempung berdebu, lempung liat berdebu dan lempung dengan permeabilitas agak lambat hingga cepat serta kedalaman efektifnya dalam. Kelas kerawanan ini terdapat pada SPL 3,4,5,6,7,8,10,11,12,14 dan 15 tersebar dominan di Desa Girimulyo, Desa Kemuning, Desa Nglegok dan Desa Jatirejo. Berikut Gambar 16 menunjukkan lokasi pengamatan kerawanan tanah longsor menengah.



Gambar 13. (a) Lokasi Pengamatan Daerah Kerawanan Tanah Longsor Menengah di Desa Girimulyo (SPL 7), (b) Lokasi Pengamatan Daerah Kerawanan Tanah Longsor Menengah di Desa Kemuning (SPL 8)

Pada lokasi pengamatan di Desa Berjo (Gambar 16a) dicirikan kemiringan lereng agak curam sekitar 25% dengan penggunaan lahan berupa tegalan dan pada pengamatan di Desa Ngargoyoso (Gambar 16b) dicirikan kemiringan lereng curam sekitar 33% dengan penggunaan lahan berupa perkebunan.



Gambar 14. Tiang Listrik Miring Akibat Pergerakan Tanah di Desa Berjo (SPL 12)

Fakta di lapangan menunjukkan adanya tanda-tanda gerakan tanah pada kelas kerawanan ini dimana kondisi tiang listrik menjadi miring akibat pergerakan tanah seperti terlihat pada Gambar 17, terlihat penggunaan lahan di sekitar tiang listrik tersebut berupa semak atau rumput dan juga tegalan yang berada pada kemiringan curam, hal tersebut perlu diwaspadai apabila ditunjang dengan kondisi curah hujan tinggi akan berpotensi terjadi tanah longsor.

4.2.2.2. Kelas Kerawanan Tanah Longsor Tinggi

Kelas kerawanan tanah longsor tinggi artinya daerah tersebut sangat berpotensi terjadinya peristiwa tanah longsor. Daerah dengan kerawanan longsor tersebut dicirikan memiliki curah hujan agak basah (>3000 - 4000 mm/tahun) dengan kemiringan lereng agak curam hingga sangat curam. Penggunaan lahan pada daerah ini adalah hutan, perkebunan, sawah, tegalan dan semak belukar. Tekstur tanah di daerah ini yakni lempung berdebu ataupun lempung liat berdebu dengan permeabilitas mulai sedang hingga cepat serta kedalaman efektifnya dalam. Luasan daerah kelas kerawanan tinggi adalah $953,50$ ha atau $15,59\%$ dari total luas Kecamatan Ngargoyoso. Kelas kerawanan tersebut terdapat pada SPL 6,7,8,11,12,13,15 dan 16 tersebar pada bagian utara, tengah dan sebagian di selatan wilayah Kecamatan Ngargoyoso lebih tepatnya dominan terdapat di Desa Berjo, Desa Ngargoyoso, dan Desa Segorogunung. Berikut Gambar 18 menunjukkan lokasi kerawanan tanah longsor tinggi.



(a)



(b)

Gambar 15. (a) Lokasi Pengamatan Daerah Kerawanan Tanah Longsor Tinggi di Desa Berjo (SPL 13), (b) Lokasi Pengamatan Daerah Kerawanan Tanah Longsor Tinggi di Desa Ngargoyoso (SPL 15)

Pada Gambar 18a menunjukkan lokasi pengamatan lapangan untuk kelas kerawanan longsor tinggi di Desa Berjo dicirikan dengan kemiringan lereng sangat curam sekitar 47% dengan penggunaan lahan berupa tegalan, sementara pada pengamatan lapang di Desa Ngargoyoso (Gambar 18b) menunjukkan pola penggunaan yang sama yakni tegalan pada kemiringan curam sekitar 40% dimana kondisi tersebut dapat memicu terjadinya tanah longsor. Kondisi lereng melebihi 45% perlu diperhatikan terhadap terjadinya tanah longsor serta memperhatikan faktor lain yang mendukung (Karnawati, 2003). Wahyunto *et al.* (2003) menambahkan minimnya penutupan permukaan tanah dan vegetasi, sehingga perakaran sebagai pengikat tanah menjadi berkurang dan mempermudah tanah menjadi retak-retak pada musim kemarau. Pada musim penghujan air akan mudah meresap ke dalam lapisan tanah melalui retakan tersebut dan dapat menyebabkan lapisan tanah menjadi jenuh air sehingga cepat atau lambat akan mengakibatkan terjadinya longsor atau gerakan tanah.

4.2.2. Validasi Peta Kerawanan Tanah Longsor

Tahap validasi atau uji keakuratan peta kerawanan tanah longsor di Kecamatan Ngargoyoso, Kabupaten Karanganyar dilakukan dengan menggunakan *accurassion assessment*. *Accurassion assessment* merupakan metode validasi sebuah data dengan membandingkan data sekunder penyusun berupa peta kerawanan tanah longsor dengan hasil survei pada setiap parameter di lapangan (*groundcheck*). *Groundcheck* atau pengamatan lapangan mengacu pada hasil peta kerawanan yang sudah dibuat untuk kemudian dilakukan peninjauan terhadap titik-titik kejadian longsor yang terjadi dengan kondisi aktual di lapangan.

Validasi peta kerawanan tanah longsor dilakukan dengan mengacu pada keterangan dari Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah Kabupaten Karanganyar, Provinsi Jawa Tengah yang diterbitkan Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. Keterangan tersebut menunjukkan kriteria untuk daerah dengan kerawanan tanah longsor rendah dicirikan kemiringan lereng landai (5-15%) hingga sangat terjal (50-70%), tergantung pada kondisi sifat fisik tanah dan batuan, dengan vegetasi umumnya berupa hutan atau perkebunan. Daerah

kerawanan tanah longsor menengah dicirikan dengan kemiringan lereng landai (5-15%) sampai sangat curam hingga hampir tegak ($>70\%$), tergantung pada kondisi sifat fisik tanah dan batuan, dengan vegetasi umumnya kurang sampai sangat jarang. Pada zona ini dapat terjadi gerakan tanah terutama pada daerah yang berbatasan dengan lembah sungai, gawir, tebing jalan atau jika lereng mengalami gangguan dan gerakan tanah lama dapat aktif kembali akibat curah hujan yang tinggi. Daerah dengan kerawanan tanah longsor tinggi dicirikan dengan kemiringan lereng agak terjal (30-50%) hingga hampir tegak ($>70\%$), tergantung pada kondisi sifat fisik tanah dan batuan, dengan vegetasi umumnya sangat jarang. Pada daerah ini gerakan tanah atau longsor lama dapat aktif kembali akibat curah hujan tinggi. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.22/PRT/M/2007 menambahkan kriteria daerah berpotensi longsor di daerah lereng gunung atau pegunungan untuk kriteria penggunaan lahan pada daerah kerawanan tanah longsor tinggi dan menengah dicirikan dengan penggunaan lahan tanaman berakar serabut yakni sawah dan ladang, sedangkan untuk daerah kerawanan tanah longsor rendah dicirikan dengan penggunaan lahan pohon kayu berakar tunjang (hutan dan perkebunan).

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.22/PRT/M/2007 menjelaskan untuk sifat batuan yang mempunyai kepekaan tinggi terhadap terjadinya tanah longsor yakni batuan yang tersusun atas andesit, breksi andesit, tuf, napal dan batu lempung. Respati *et al.* (2010) menambahkan litologi breksi andesit dan breksi tuff mempunyai tingkat pelapukan yang tinggi sehingga menghasilkan lempung yang bersifat impermeable. Zona impermeable yang tidak dapat ditembus air ini kemudian menjadi bidang gelincir yang baik untuk mendukung terjadinya gerakan tanah atau longsor. Sesuai dengan peta geologi lembar ponorogo untuk wilayah Kecamatan Ngargoyoso terdiri atas dua satuan batuan yakni; (a) batuan gunungapi lawu tersusun atas tuf dan breksi gunungapi bersisipan lava, umumnya bersusunan andesit, dan (b) lahar lawu tersusun atas komponen andesit, basal dan sedikit batuapung beragam ukuran yang bercampur pasir gunung api. Sehingga wilayah Kecamatan Ngargoyoso ditinjau dari kondisi geologi memiliki tingkat kepekaan tanah longsor yang tinggi.

Karakteristik sifat fisik tanah di Kecamatan Ngargoyoso cenderung memiliki tingkat kepekaan sedang terhadap tanah longsor, dimana kelas tekstur tanah di Kecamatan Ngargoyoso dominan memiliki tekstur lempung berdebu dengan permeabilitas dominan sedang hingga agak cepat. Namun, untuk kedalaman efektif tanah di lokasi penelitian termasuk kategori dalam >90 cm dimana kondisi tersebut sangat rentan untuk terjadi peristiwa tanah longsor. Hal tersebut sesuai yang diungkapkan oleh Karnawati (2003) lereng yang tersusun oleh tumpukan tanah yang tebal relatif lebih rentan dan berpotensi terhadap longsor lahan karena mampu menyimpan air lebih banyak dan mengakibatkan penjuanan pada tanah sehingga tekanan air untuk merenggangkan ikatan tanah meningkat dan akhirnya massa tanah terangkut oleh aliran air dalam lereng.

Terdapat 7 kejadian longsor aktual di Kecamatan Ngargoyoso. Kejadian longsor aktual titik 1 (Gambar 19a) terlihat longsor yang terjadi di lembah sungai di Desa Kemuning terdapat pada SPL 7 dengan kemiringan agak curam yakni 34% dengan penggunaan lahan tegalan. Kejadian longsor pada titik 1 termasuk dalam kelas tekstur tanah lempung berdebu dengan permeabilitas sedang serta termasuk dalam geologi lahar lawu.



Gambar 16. (a) Kejadian Longsor Aktual Titik 1 (SPL 7),
(b) Kejadian Longsor Aktual Titik 4 (SPL 12)

Pada kejadian longsor aktual di titik 4 (Gambar 19b) terlihat longsor yang terjadi di tebing jalan di Desa Berjo terdapat pada SPL 12 dengan kemiringan agak curam yakni 30% dengan penggunaan lahan alang-alang dan semak belukar. Longsor tersebut terdapat pada kelas tekstur tanah lempung berdebu dengan permeabilitas agak cepat serta termasuk dalam geologi batuan gunungapi lawu. Dari dua kejadian longsor aktual pada titik 1 dan 4 tersebut pada peta sebaran

daerah rawan longsor Kecamatan Ngargoyoso termasuk dalam kelas kerawanan menengah dan sesuai dengan ciri daerah kerawanan tanah longsor menengah.

Kejadian longsor aktual untuk titik 6 dan 7 terdapat di Desa Ngargoyoso (Gambar 20), dengan karakteristik tekstur tanah yakni lempung berdebu dengan permeabilitas cepat serta termasuk dalam geologi batuan gunungapi lawu. Kejadian longsor aktual pada titik 6 (Gambar 20a) terlihat longsor terjadi pada tebing yang terdapat pada SPL 16 dengan kemiringan sekitar 45% dengan penggunaan lahan berupa semak belukar. Kejadian longsor tersebut di peta sebaran daerah rawan longsor Kecamatan Ngargoyoso terdapat pada kelas kerawanan tinggi dan dari kenampakan tersebut sesuai dengan ciri zona kerawanan tinggi.



Gambar 17. (a) Kejadian Longsor Aktual Titik 6 (SPL 16),
(b) Kejadian Longsor Aktual Titik 7 (SPL 8)

Sedangkan untuk kejadian longsor aktual titik 7 (Gambar 20b), pada peta sebaran daerah rawan longsor Kecamatan Ngargoyoso termasuk dalam kelas kerawanan tinggi (SPL 8) dengan kemiringan agak curam yakni 42% namun terlihat penggunaan lahan di lokasi tersebut yakni berupa kebun atau perkebunan sehingga kenampakan tersebut tidak sesuai dengan ciri daerah kerawanan tanah longsor tinggi. Menurut keterangan dari Peta Kerentanan Gerakan Tanah Kabupaten Karanganyar, pada daerah kerawanan tanah longsor menengah dapat terjadi gerakan tanah atau tanah longsor terutama pada daerah yang berbatasan dengan lembah sungai, gawir, tebing jalan atau jika lereng mengalami gangguan. Hal tersebut dibuktikan dengan kondisi di lapangan pada kejadian longsor aktual titik 2 (Gambar 21) menunjukkan longsor terjadi menimbun sebagian rumah warga di Desa Puntukrejo yang terdapat pada SPL 5.



Gambar 18. Kejadian Longsor Aktual Titik 2 (SPL 5)

Peristiwa longsor tersebut terjadi dikarenakan rumah tersebut berada pada posisi yang memotong lereng sehingga lereng mengalami gangguan dan terjadi tanah longsor. Titik kejadian longsor tersebut dalam peta sebaran daerah rawan longsor Kecamatan Ngargoyoso termasuk dalam kelas kerawanan menengah dan menunjukkan ciri yang sesuai untuk daerah kerawanan tanah longsor menengah.

Kejadian longsor aktual titik 3 (Gambar 22a) pada peta sebaran daerah rawan longsor Kecamatan Ngargoyoso termasuk dalam kelas kerawanan tinggi yakni terdapat pada SPL 13 yang berada di Desa Berjo, dengan bukti di lapangan menunjukkan tingkat kemiringan lereng curam sekitar 42% dengan penggunaan lahan berupa tegalan, memiliki tekstur tanah lempung berdebu dengan permeabilitas agak cepat serta termasuk dalam geologi batuan gunungapi lawu. Ciri tersebut menunjukkan kesesuaian pada daerah kerawanan tanah longsor tinggi.



(a)

b)

Gambar 19. (a) Kejadian Longsor Aktual Titik 3 (SPL 13),
(b) Kejadian Longsor Aktual Titik 5 (SPL 12)

Pada kejadian longsor aktual titik 5 (Gambar 22b) terlihat kenampakan tebing yang mengalami longsor terdapat pada SPL 12 di Desa Berjo, pengamatan lapangan menunjukkan lokasi pada kejadian longsor tersebut

dicirikan memiliki kemiringan lereng curam sekitar 32% dengan penggunaan lahan berupa kebun. Karakteristik tanah pada lokasi tersebut memiliki tekstur lempung berdebu dengan permeabilitas cepat serta termasuk dalam geologi batuan gunungapi lawu. Pada peta sebaran daerah rawan longsor Kecamatan Ngargoyoso lokasi tersebut termasuk dalam kelas kerawanan menengah dan menunjukkan ciri yang sesuai dengan daerah kerawanan tanah longsor menengah. Untuk lebih jelasnya mengenai data kejadian titik longsor aktual di lokasi penelitian tersaji pada Tabel 21.

Tabel 9. Data Kejadian Longsor Aktual di Kecamatan Ngargoyoso

Titik	Koordinat		Lokasi	Kondisi Lapangan	Akurasi
	x	y			
Titik 1	111.12033	-7.61161	Desa Kemuning	Sesuai dengan ciri kerawanan menengah	Akurat
Titik 2	111.11065	-7.61667	Desa Puntukrejo	Sesuai dengan ciri kerawanan menengah	Akurat
Titik 3	111.13214	-7.63083	Desa Berjo	Sesuai dengan ciri kerawanan tinggi	Akurat
Titik 4	111.13383	-7.63642	Desa Berjo	Sesuai dengan ciri kerawanan menengah	Akurat
Titik 5	111.12822	-7.63928	Desa Berjo	Sesuai dengan ciri kerawanan menengah	Akurat
Titik 6	111.12678	-7.59131	Desa Ngargoyoso	Sesuai dengan ciri kerawanan tinggi	Akurat
Titik 7	111.11006	-7.58386	Desa Ngargoyoso	Tidak sesuai dengan ciri kerawanan tinggi	Kurang akurat

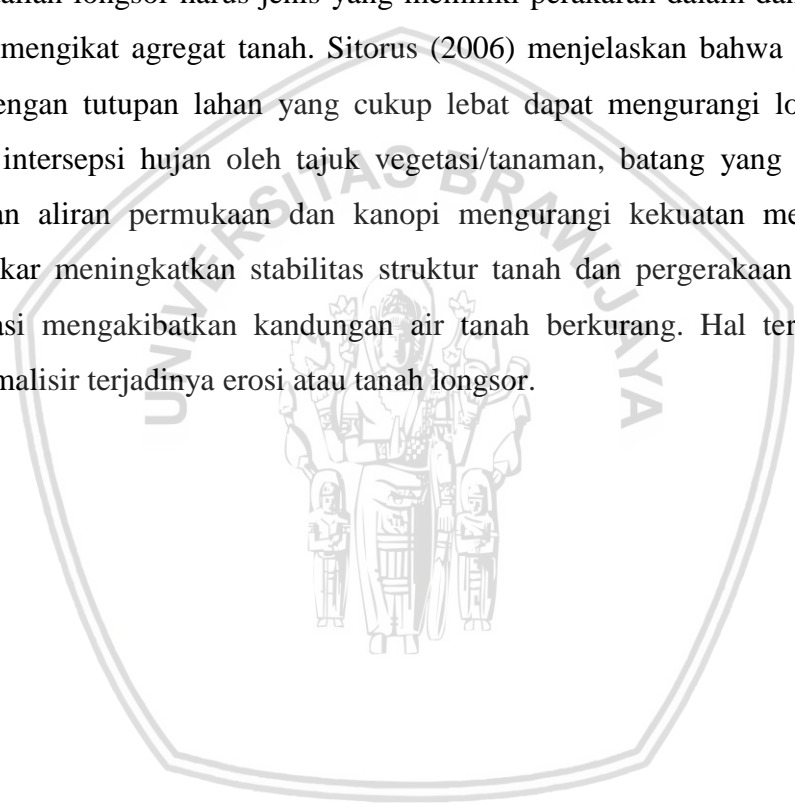
Sumber: Hasil analisis

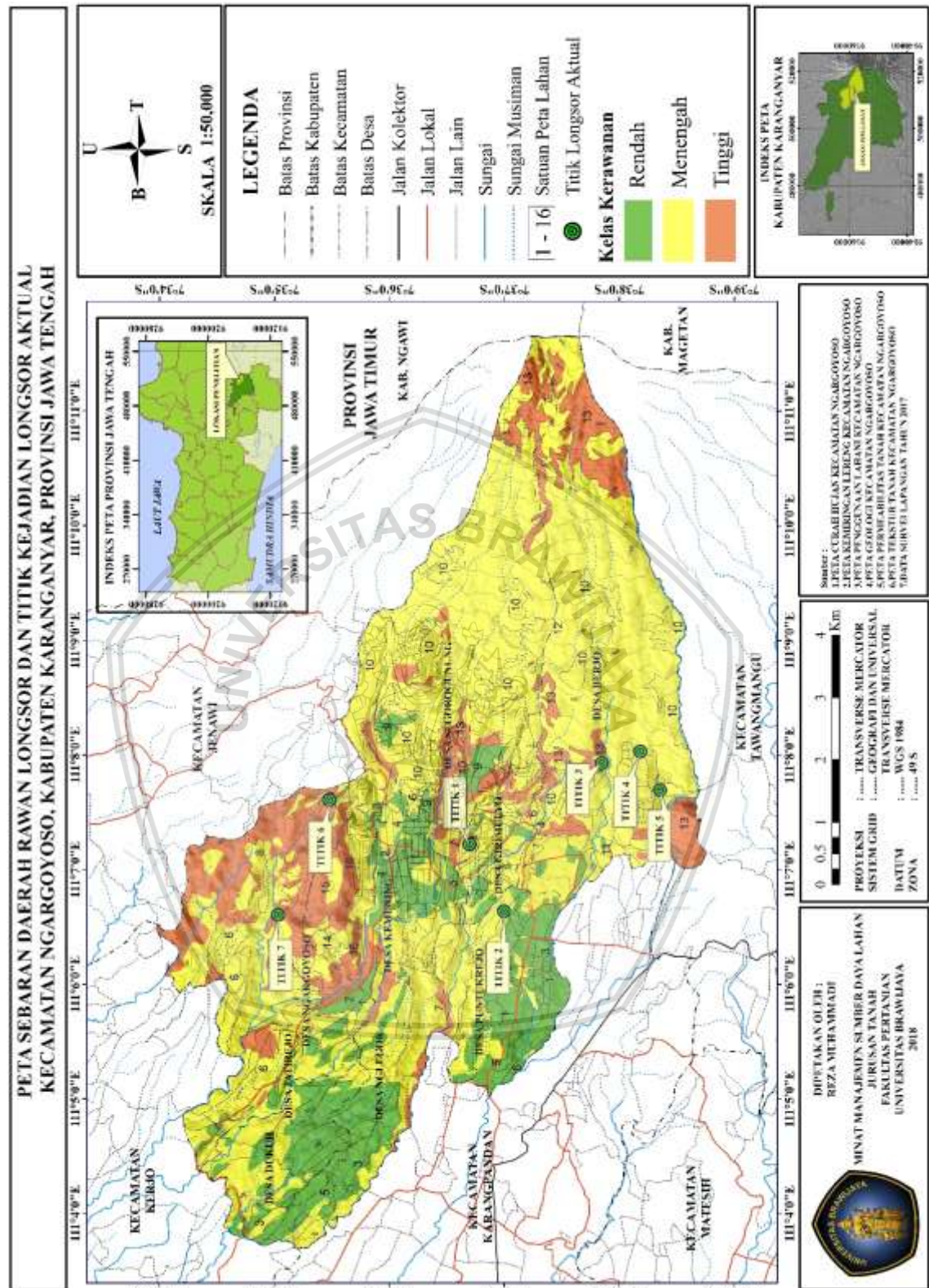
$$\text{Perhitungan } \textit{accurassion assessment} = \frac{6}{7} \times 100\% = 85,71\%$$

Dari hasil perhitungan didapat tingkat keakurasian 85,71% dari 7 kejadian longsor aktual di lokasi penelitian 6 diantaranya sesuai dengan ciri kerawanan masing-masing titik. Sehingga peta sebaran daerah rawan longsor di Kecamatan Ngargoyoso, Kabupaten Karangayar bisa dikatakan akurat. Menurut *National Park Service Vegetation Inventory* (2010) hasil *accurassion assessment* dikatakan akurat apabila nilai yang dihasilkan $\geq 80\%$. Peta sebaran daerah rawan longsor dan titik kejadian longsor aktual tersaji pada Gambar 23.

Beberapa kejadian longsor aktual di Kecamatan Ngargoyoso menunjukkan bahwa faktor kemiringan lereng, penggunaan lahan dan kedalaman efektif tanah

menjadi faktor yang paling berpengaruh dalam terjadinya tanah longsor sehingga perlu adanya upaya dalam meminimalisir terjadinya tanah longsor tersebut khususnya dalam pola penggunaan lahan yang tepat dan sesuai. Menurut Wahyunto *et al.* (2003) vegetasi yang jarang menghasilkan perakaran sebagai pengikat tanah yang lemah sehingga memudahkan tanah menjadi retak-retak ketika musim kemarau dan saat hujan datang, retakan tersebut menjadi sarana air masuk ke dalam tanah. Apabila pori-pori tanah terisi air terus menerus sampai terjadi penjumlahan maka berpotensi terjadinya longsor. Persyaratan vegetasi untuk pengendalian longsor harus jenis yang memiliki perakaran dalam dan rapat yang mampu mengikat agregat tanah. Sitorus (2006) menjelaskan bahwa penggunaan lahan dengan tutupan lahan yang cukup lebat dapat mengurangi longsor yaitu melalui intersepsi hujan oleh tajuk vegetasi/tanaman, batang yang mengurangi kecepatan aliran permukaan dan kanopi mengurangi kekuatan merusak butir hujan, akar meningkatkan stabilitas struktur tanah dan pergerakan tanah serta transpirasi mengakibatkan kandungan air tanah berkurang. Hal tersebut dapat meminimalisir terjadinya erosi atau tanah longsor.





Gambar 20. Peta Sebaran Titik Kejadian Longsor Aktual Kecamatan Ngargoyoso

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Sebaran daerah rawan longsor di Kecamatan Ngargoyoso, Kabupaten Karanganyar dikategorikan dalam tiga tingkat kelas kerawanan. Kelas kerawanan rendah memiliki luas 963,74 ha atau sekitar 15,76% dicirikan kemiringan lereng datar hingga landai. Dominan berada pada SPL 1,2,3,4,5 dan 9 terdapat pada wilayah barat dan sebagian kecil di tengah Kecamatan Ngargoyoso. Kelas kerawanan longsor menengah memiliki luas 4.198,40 ha atau 68,65% dicirikan dengan kemiringan lereng landai hingga sangat curam, terdapat dominan pada SPL 3,4,5,6,7,8,10,11,12,14 dan 15. Kelas kerawanan tinggi memiliki luas 953,50 ha atau 15,59% dicirikan kemiringan lereng agak curam hingga sangat curam, terdapat dominan pada SPL 6,7,8,11,12,13,15 dan 16. Hasil validasi peta menunjukkan presentase keakurasian 85,71% dimana kemiringan lereng, penggunaan lahan serta kedalaman efektif tanah menjadi faktor yang paling berpengaruh terhadap terjadinya tanah longsor di Kecamatan Ngargoyoso.

5.2. Saran

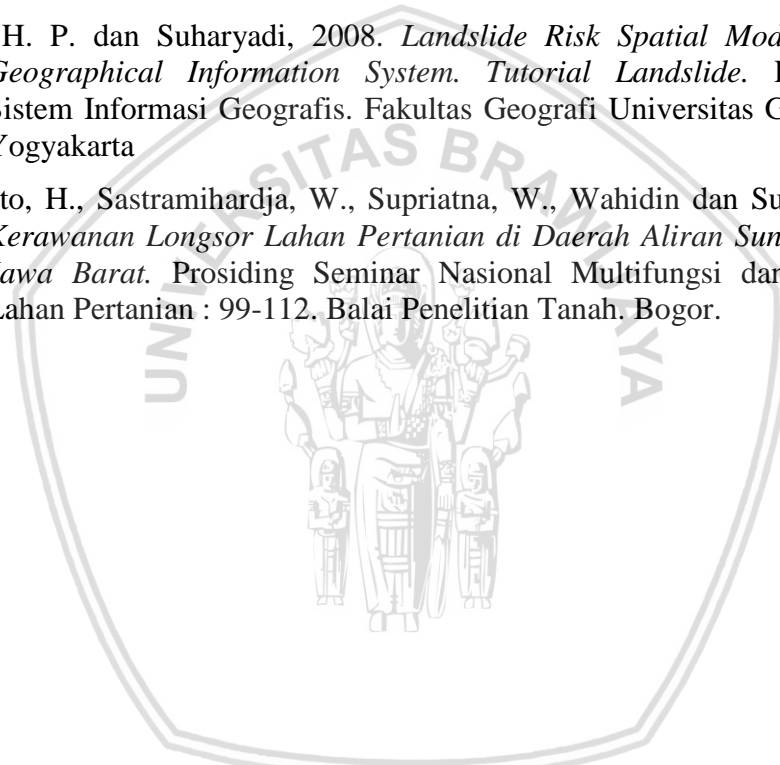
Penentuan parameter dan skor tiap parameter masih umum sehingga diperlukan penelitian lanjutan dengan metode yang lain yang lebih detail sehingga dapat dijadikan pembandingan dalam penelitian-penelitian selanjutnya. Perlu adanya sosialisasi mengenai bahaya tanah longsor kepada masyarakat sekitar dengan lebih memperhatikan kegiatan pertanian semusim dan penggunaan lahan sebagai pemukiman pada daerah yang termasuk kedalam kelas kerawanan menengah hingga tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alhasanah, F. 2006. *Pemetaan dan Analisa Daerah Rawan Tanah Longsor Serta Upaya Mitigasinya Menggunakan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus Kecamatan Sumedang Utara dan Sumedang Selatan, Kabupaten Sumedang, Provinsi Jawa Barat)*. Tesis. Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- Arsyad, S. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. IPB Press. Bogor.
- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Kabupaten Karanganyar. 2015. *Perda Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Karanganyar Tahun 2013-2032*. <http://www.karanganyarkab.go.id/wp-content/uploads/2013/07/PERDA-NO-1-TH-2013.pdf>. Diakses 5 Agustus 2017.
- Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP). 2009. *Identifikasi dan Karakterisasi Lahan Rawan Longsor dan Rawan Erosi di Dataran Tinggi untuk Mendukung Keberlanjutan Pengelolaan Sumberdaya Lahan Pertanian*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- BNPB. 2016. *Risiko Bencana Indonesia*. Direktorat Pengurangan Risiko Bencana. Jakarta.
- Buchori, I. dan Joko, S. 2012. *Model Keruangan untuk Identifikasi Kawasan Rawan Longsor (Studi Kasus Kota Semarang)*. Jurnal Tata Loka 14(2):282-294.
- Direktorat Jendral Penataan Ruang. 2007. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.22/PRT/M/2007 tentang *Pedoman Penataan Ruang Kawasan Rawan Bencana Longsor*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Fell, R., C. Jordi, Christophe B., Leonardo C, L. Eric and Z. Savage William. 2008. *Guidelines for Landslide Susceptibility, Hazard and Risk Zoning for Land Use Planning*. Journal Engineering Geology 102 (2008):85-98.
- Fletcher, J. R. and Gibb R.G. 1990. *Land Resource Inventory Handbook for Soil Conservation Planning in Indonesia*. Ministry of Forestry Directorate General Reforestation and Land Rehabilitation Indonesia and Department of Scientific and Industrial Research DSIR Land Resources Palmerston North New Zealand
- Handayani, S. S. 2017. *Longsor Terjadi di Wilayah Ngargoyoso dan Jenawi Pekan Lalu*. <http://www.solopos.com/2017/04/24/longsor-karanganyar-hujan-deras-picu-longsor-di-ngargoyoso-dan-jenawi-812132>. Diakses 21 Agustus 2017.
- Hartono, R. 2017. *Longsor Ratakan Lahan Pertanian di Ngargoyoso*. <http://radarsolo.jawapos.com/read/2017/04/15/7038/longsor-ratakan-lahan-pertanian-di-ngargoyoso>. Diakses 10 Mei 2017.
- Hartono, R. 2016. *Hujan Deras, Banjir dan Longsor Ancam Karanganyar*. <https://joglosemar.co/2016/11/hujan-deras-banjir-dan-longsor-ancam-karanganyar.html>. Diakses 21 Agustus 2017.

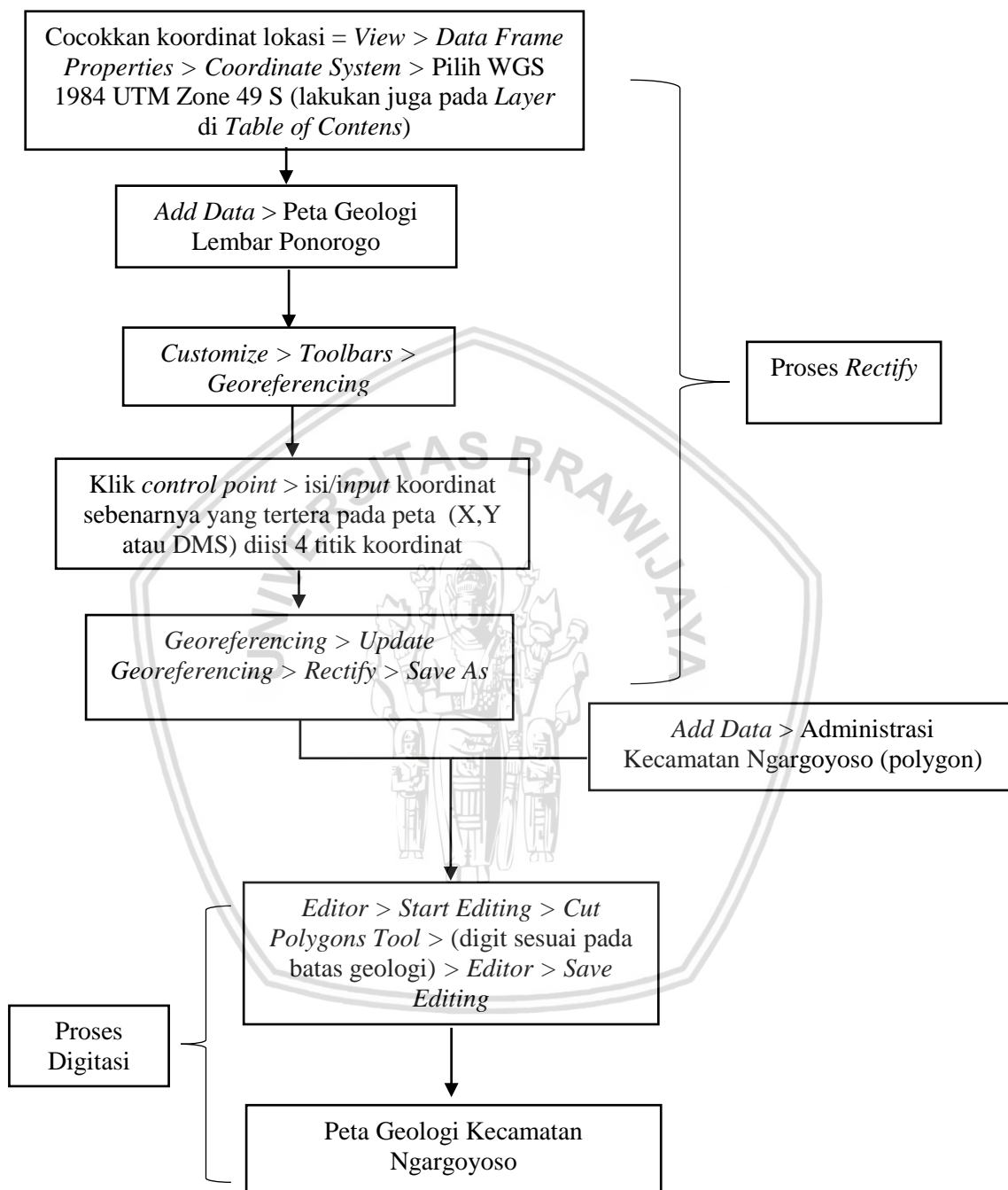
- Hikmatullah, Suparto, C. Tafakresnanto, Sukarman, Suratman dan K. Nugroho. 2014. *Petunjuk Teknis Survei dan Pemetaan Sumberdaya Tanah Tingkat Semi Detail Skala 1:50.000*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor.
- Karnawati, D. 2003. *Manajemen Bencana Gerakan Tanah*. Diktat Kuliah. Jurusan Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Kocher, S. D. and John, W. L. 2006. *Why Is My Forest The Way It Is: Soil Erosion*. Univ.of California Cooperative Extension. California.
- Leonardi, G., Rocco, P. and Francis, C. 2016. *Landslide Susceptibility Mapping Using a Fuzzy Approach*. World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium. Procedia Engineering (161) 380-387.
- Marfai, M. A., Suprpto, D. dan Hendy, F., 2016. *Analisis Bencana Menunjang . Pembangunan Daerah (Studi Kabupaten Batang)*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Marjanovic, M. 2009. *Landslide Susceptibility Modelling: A Case Study on Fruška Gora Mountain, Serbia*. Geomorphologia Slovaca et Bohemica, 9(1):29-42.
- Marwanto, S., Dairiah, A., Subardja, D. dan Hadian, Y. 2007. *Identifikasi Lahan Rawan Longsor dan Indeks Bahaya Erosi di Kabupaten Solok, Provinsi Sumatera Barat*. Jurnal. http://balittanah.litbang.pertanian.go.id/eng/dokumentasi/prosiding2008pdf/setiari_longsor.pdf?secure=true. Diakses 13 Agustus 2017.
- Marsoedi., Widodo, J. D., Nata S., Darul S.W.P., Sarwono H., Jan H., Erik R. 1997. *Pedoman Klasifikasi Landform / Guidelines For Landform Classification*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Nandi. 2007. *Longsor*. <http://file.upi.edu/Direktori/FPIPS/JUR.PEND.GEOGRAFI/197901012005011NANDI/geologi%20lingkungan/BUKULONGSOR/.pdf>. Diakses 13 Mei 2017.
- National Park Service Vegetation Inventory (NPSVI). 2010. *Thematic Accuracy Assessment Procedures*. U S Departement of Interior National Park Service. Colorado. USA.
- Nursa'ban, M., Nurul Khotimah dan Sugiharyanto. 2009. *Study of Landslide Susceptibility in Samigaluh to Efforts The Mitigation of Hazard*. Hasil Penelitian Strategis Nasional Batch 1 Tahun 2009.
- Prahasta, E. 2009. *Sistem Informasi Geografis Konsep-Konsep Dasar*. Informatika. Bandung.
- Prijono, S., Soemarno dan Dewi, W. 2009. *Tanah Longsor, Faktor Penyebab dan Problematikanya*. PPSUB. Malang.
- Prijono, S. 2009. *Agrohidrologi Praktis*. Cakrawala. Malang.

- Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG). 2005. *Manajemen Bencana Tanah Longsor*. <http://www.vsi.esdm.go.id/index.php/kegiatan-pvmbg/download-centerdocdownload/664-booklet-qgerakan-tanahq>. Diakses 13 Mei 2017
- Rayes, M. L. 2007. *Metode Inventarisasi Sumber Daya Lahan*. Andi. Yogyakarta.
- Respati, Y. S., Asnanto, M. P., Azim, S., Irien, A. F. dan Salahuddin, H. 2010. *Analisis GIS Terhadap Gerakan Tanah di Girimulyo, Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta dan Kajian Faktor-Faktor Pengontrolnya*. Paper International Geosciences Conference and Exsposition.
- Sitorus. 2006. *Pengembangan Lahan Berpenutupan Tetap Sebagai Kontrol Terhadap Faktor Resiko Erosi dan Bencana Longsor*. Direkrorat Jenderal Penataan Ruang Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta
- Taufik, H. P. dan Suharyadi, 2008. *Landslide Risk Spatial Modelling Using Geographical Information System. Tutorial Landslide*. Laboratorium Sistem Informasi Geografis. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Wahyunto, H., Sastramihardja, W., Supriatna, W., Wahidin dan Sunaryo. 2003. *Kerawanan Longsor Lahan Pertanian di Daerah Aliran Sungai Citarum, Jawa Barat*. Prosiding Seminar Nasional Multifungsi dan Konservasi Lahan Pertanian : 99-112. Balai Penelitian Tanah. Bogor.

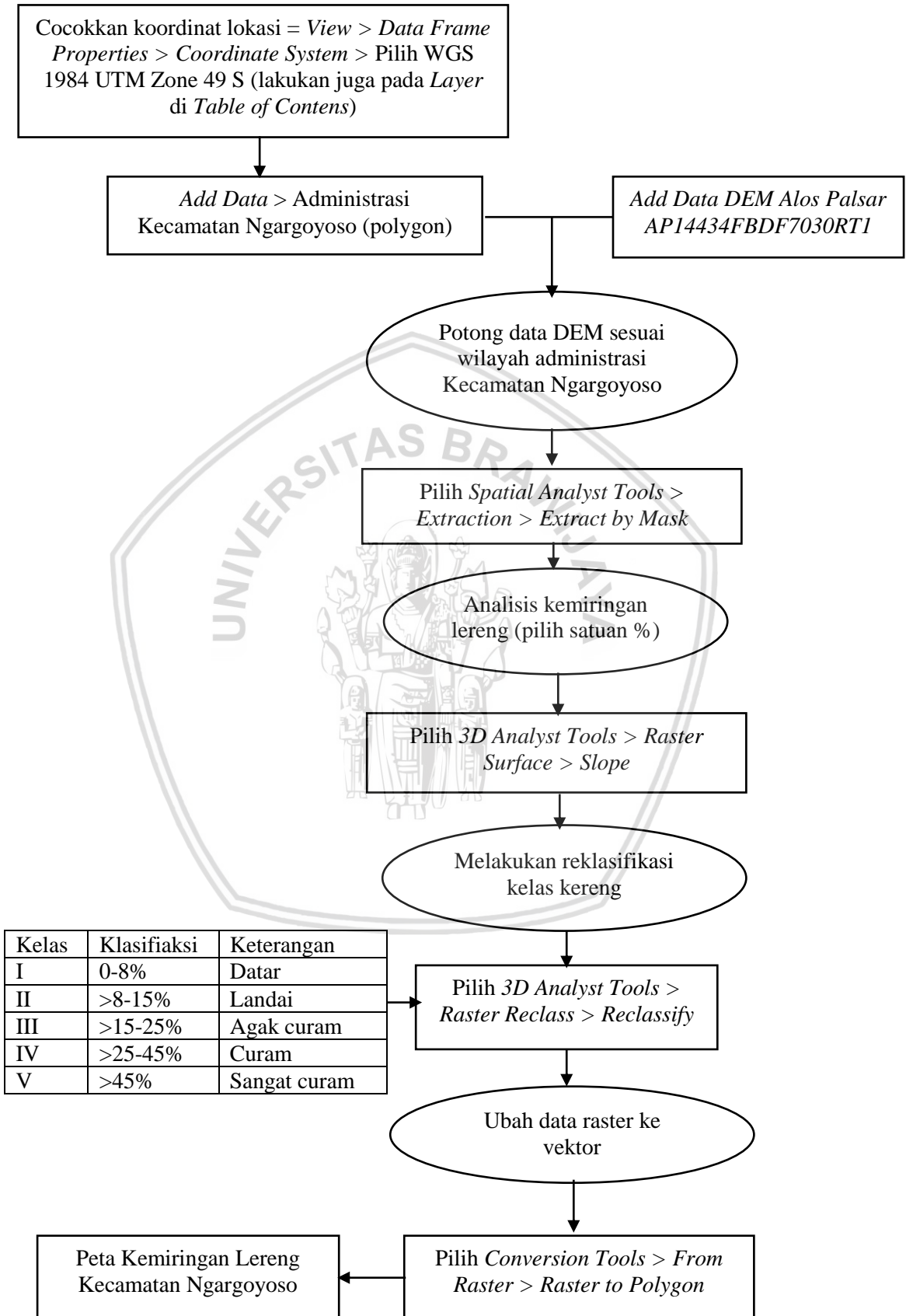


LAMPIRAN

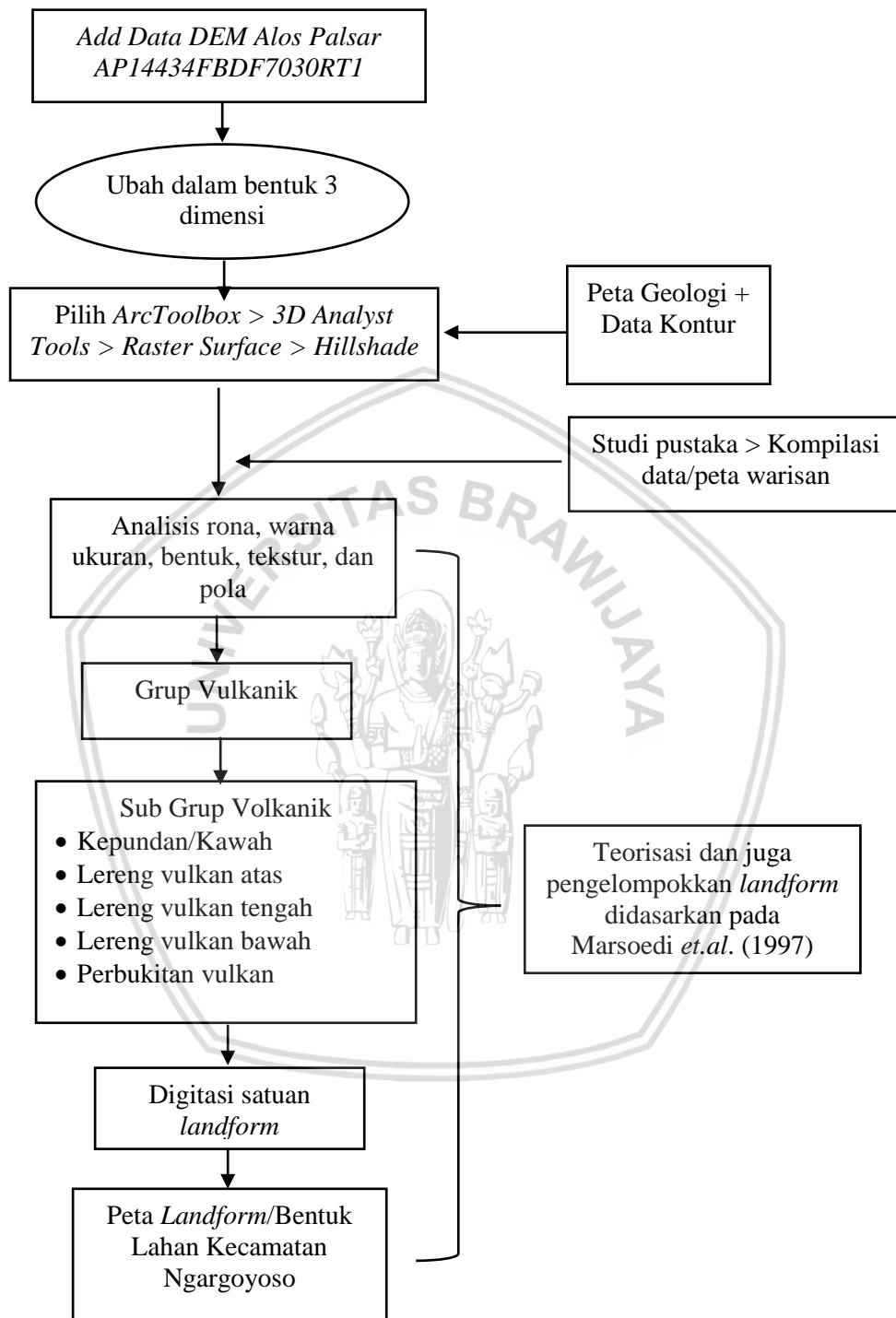
Lampiran 1. Tahapan Pembuatan Peta Geologi Kecamatan Ngargoyoso



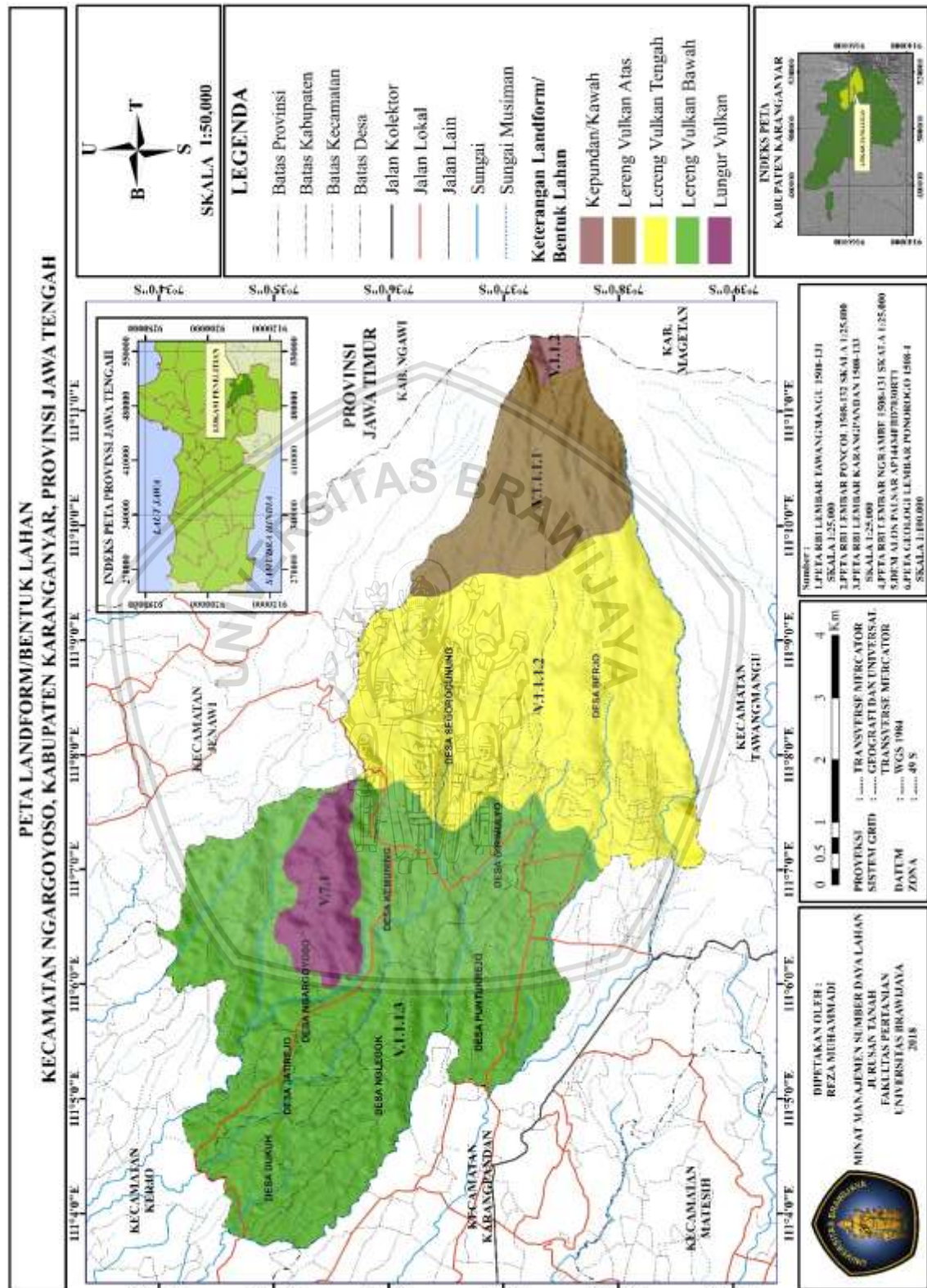
Lampiran 2. Tahapan Pembuatan Peta Kemiringan Lereng Kecamatan Ngargoyoso



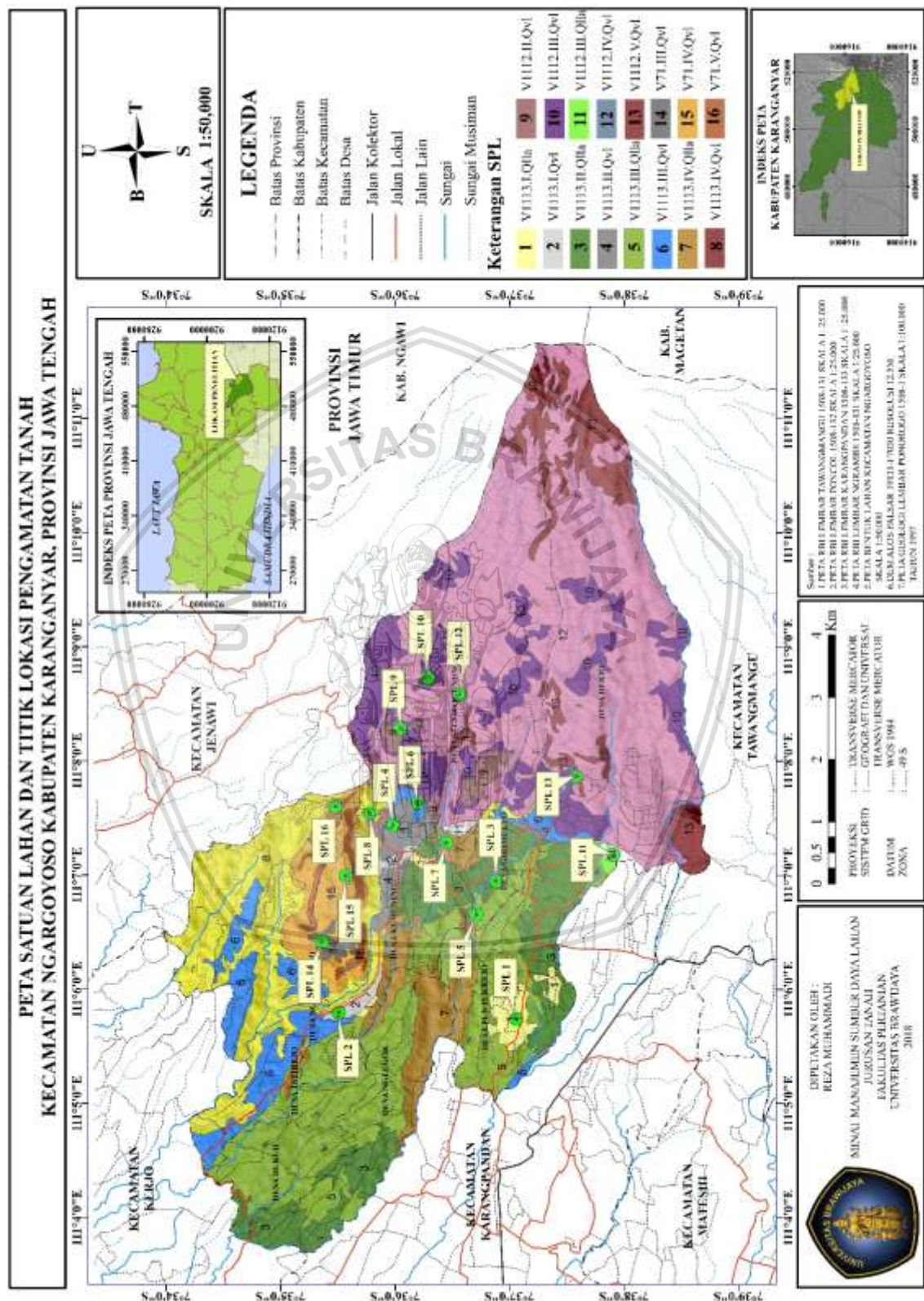
Lampiran 3. Tahapan Pembuatan Peta *Landform*/Bentuk Lahan Kecamatan Ngargoyoso



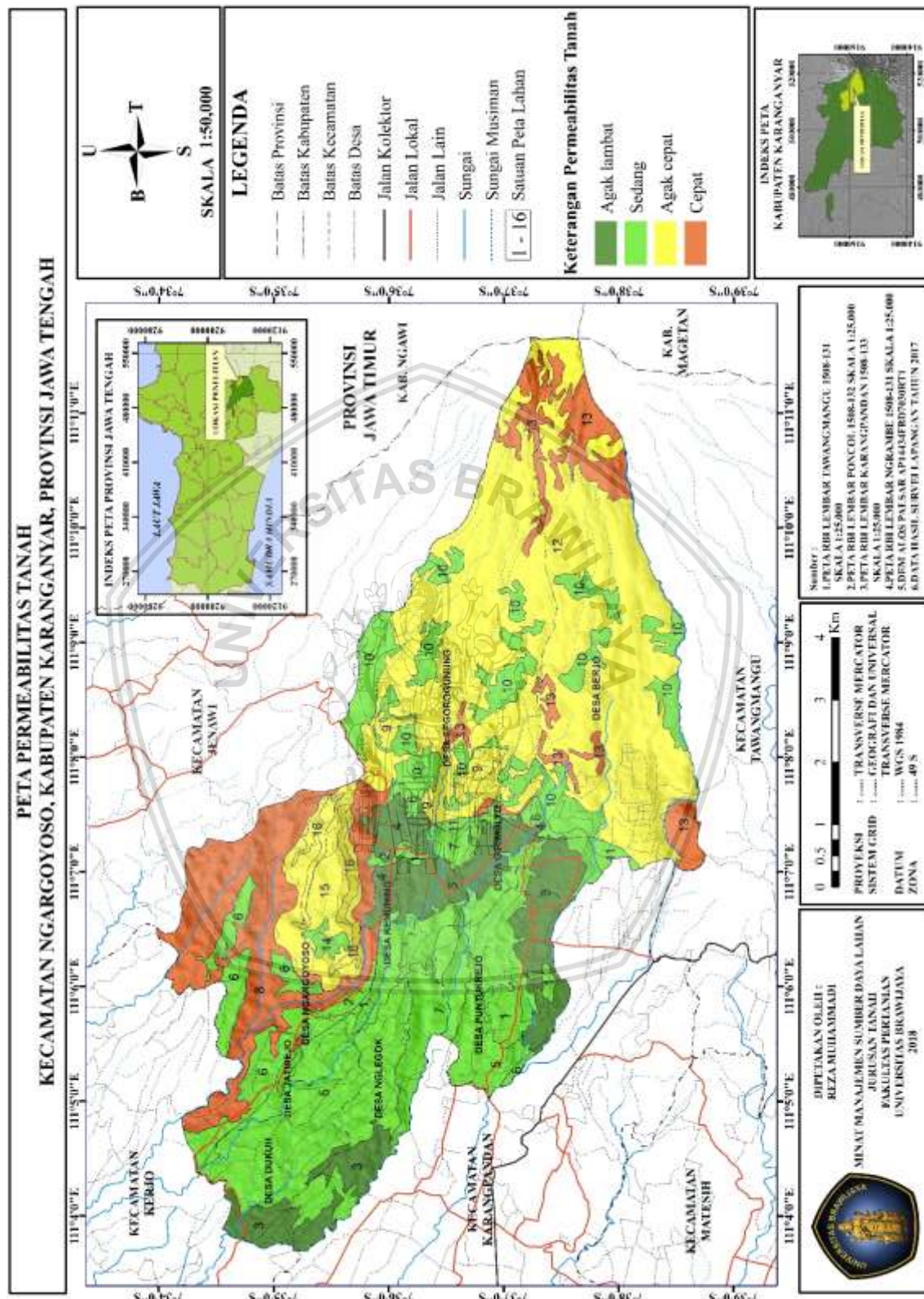
Lampiran 4. Peta *Landform*/Bentuk Lahan Kecamatan Ngargoyoso

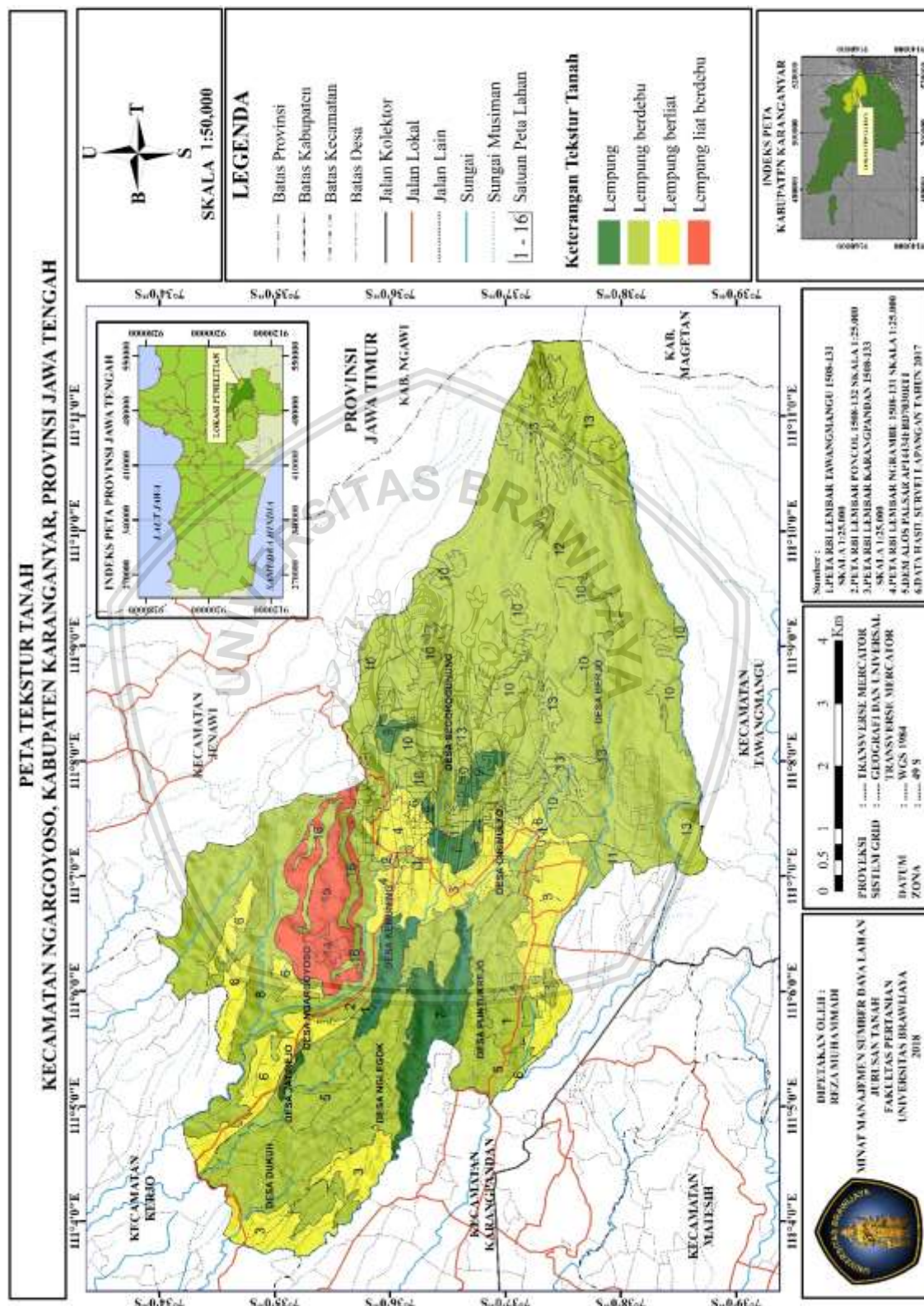


Lampiran 5. Satuan Peta Lahan dan Titik Lokasi Pengamatan Tanah di Kecamatan Ngargoyoso



Lampiran 6. Peta Permeabilitas Tanah Kecamatan Ngargoyoso





Lampiran 8. Perhitungan Interval Skor Kelas Kerawanan Tanah Longsor

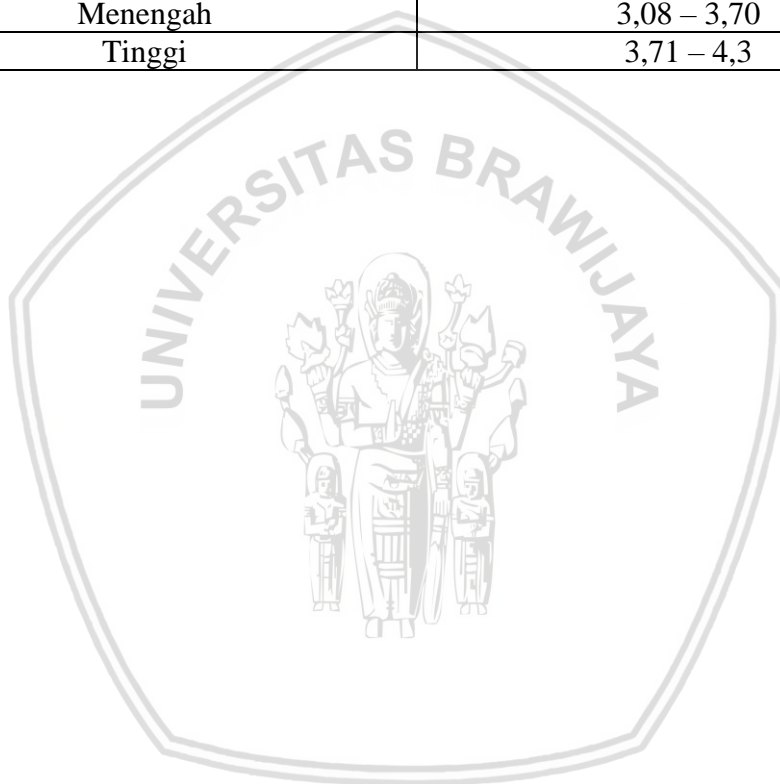
$$\text{Interval Skor} = \frac{\text{Skor Maksimum} - \text{Skor Minimum}}{\text{Jumlah Kelas Klasifikasi}}$$

$$\text{Interval Skor} = \frac{4,3 - 2,45}{3} = 0,62$$

Keterangan : Skor maksimum = 4,3
 Skor minimum = 2,45

Interval Skor Kelas Kerawanan Tanah Longsor

Kelas Kerawanan	Interval Skor
Rendah	2,45 – 3,07
Menengah	3,08 – 3,70
Tinggi	3,71 – 4,3



Lampiran 9. Acuan Validasi Peta Sebaran Daerah Rawan Longsor Kecamatan Ngargoyoso

Sumber	Indikator	Kerawanan		
		Rendah	Menengah	Tinggi
Peta Kerentanan Gerakan Tanah Kabupaten Karanganyar (PVMBG)	Kemiringan Lereng	Landai (5-15%) hingga sangat terjal (50-70%).	Landai (5-15%) hingga hampir tegak (>70%).	Agak terjal (30-50%) hingga gampir tegak (>70%).
	Vegetasi	Hutan dan Perkebunan.	Kurang sampai sangat jarang	Umumnya sangat jarang
	Lain-lain		Pada zona ini dapat terjadi gerakan tanah terutama pada daerah yang berbatasan dengan lembah sungai, gawir, tebing jalan atau jika lereng mengalami gangguan dan gerakan tanah lama dapat aktif kembali akibat curah hujan yang tinggi.	Pada zona ini gerakan tanah lama dapat aktif kembali akibat curah hujan tinggi.
Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.22/PRT/M/2007	Penggunaan Lahan	Tanaman pohon berakar tunjang (hutan/perkebunan)	Tanaman berakar serabut (sawah/ladang).	Tanaman berakar serabut (sawah/ladang).

Lampiran 10. Data Curah Hujan

a) Data atribut curah hujan

Stasiun Klimatologi	Titik Koordinat Stasiun		Rata-rata Curah Hujan (mm/tahun)	Klasifikasi Curah Hujan
	x	y		
Karangpandan	111,064538	-7,616187	2.413,3	Sedang
Ngargoyoso	111,111173	-7,608142	3.380	Agak basah
Tawangmangu	111,118494	-7,667754	3.251	Agak basah

b) Data curah hujan

Tahun 2007						
Bulan	Karangpandan		Ngargoyoso		Tawangmangu	
	hr	mm	hr	mm	hr	mm
Januari	14	491	12	314	21	590
Februari	15	383	22	1018	16	486
Maret	14	363	15	476	16	376
April	13	352	22	766	6	361
Mei	5	44	7	96	4	58
Juni	2	25	8	238	1	76
Juli	0	0	3	22	0	0
Agustus	1	15	1	9	1	36
September	0	0	0	0	0	0
Oktober	0	0	7	75	14	15
November	10	305	15	75	13	375
Desember	11	319	23	395	18	346
Jumlah	85	2.297	135	3.484	110	2.719

Tahun 2008						
Bulan	Karangpandan		Ngargoyoso		Tawangmangu	
	hr	mm	hr	mm	hr	mm
Januari	14	342	18	586	9	279
Februari	15	274	20	441	15	353
Maret	14	523	26	754.5	26	888
April	13	241	13	224	15	326
Mei	5	0	9	265.5	7	68
Juni	2	0	2	34	2	20
Juli	0	0	0	0	0	0
Agustus	0	0	2	14	0	0
September	0	0	1	10	0	0
Oktober	7	412	16	317	12	299
November	8	284	11	505	10	195
Desember	4	382	8	220	25	422
Jumlah	82	2.458	126	3.371	121	2.850

Tahun 2009						
Bulan	Karangpandan		Ngargoyoso		Tawangmangu	
	hr	mm	hr	mm	hr	mm
Januari	22	531	23	702	25	579
Februari	12	318	22	632	14	386
Maret	14	275	17	407	27	351
April	12	252	15	327	10	163
Mei	12	349	18	315	16	235
Juni	8	129	8	139	5	62
Juli	0	0	4	36	0	0
Agustus	0	0	1	2	0	0
September	0	0	2	68	0	0
Oktober	2	60	4	208	6	169
November	2	55	16	301	11	616
Desember	9	125	12	346	0	0
Jumlah	93	2.094	142	3.483	114	2.561

Tahun 2011						
Bulan	Karangpandan		Ngargoyoso		Tawangmangu	
	hr	mm	hr	mm	hr	mm
Januari	7	179	18	440	14	626
Februari	11	265	19	476	13	557
Maret	9	254	16	491	21	733
April	11	422	19	558	17	568
Mei	6	230	13	262	11	319
Juni	1	8	3	34	4	74
Juli	2	58	3	26	0	0
Agustus	0	0	1	5	0	0
September	0	0	46	3	4	60
Oktober	5	104	7	80	7	45
November	14	312	22	527	25	783
Desember	14	368	20	412	22	505

Tahun 2010						
Bulan	Karangpandan		Ngargoyoso		Tawangmangu	
	hr	mm	hr	mm	hr	mm
Januari	13	438	29	425		
Februari	12	613	21	502		
Maret	8	384	25	570		
April	5	124	14	142		
Mei	12	310	22	230		
Juni	7	211	11	87		
Juli	5	116	7	80		
Agustus	1	56	5	72		
September	11	258	20	140		
Oktober	11	329	16	354		
November	13	495	20	410		
Desember	8	90	23	508		
Jumlah	106	3.424	220	3.520		

Tahun 2012						
Bulan	Karangpandan		Ngargoyoso		Tawangmangu	
	hr	mm	hr	mm	hr	mm
Januari	9	331	12	314	26	505
Februari	8	373	22	1018	17	305
Maret	8	152	15	476	12	479
April	11	282	22	766	8	431
Mei	6	11	7	96	4	46
Juni	2	56	8	238	0	0
Juli	0	0	3	22	0	0
Agustus	0	0	1	9	0	0
September	0	0	0	0	0	0
Oktober	3	37	7	75	0	0
November	18	554	15	75	22	522
Desember	21	463	23	395	26	825

Jumlah	80	2.200	187	3.314	138	4.270
---------------	----	-------	-----	-------	-----	-------

Jumlah	86	2.365	135	3.484	115	3.113
---------------	----	-------	-----	-------	-----	-------

Tahun 2013						
Bulan	Karangpandan		Ngargoyoso		Tawangmangu	
	hr	mm	hr	mm	hr	mm
Januari	18	311	23	528		
Februari	15	587	23	542		
Maret	13	252	18	400		
April	12	386	19	495		
Mei	0	0	21	363		
Juni	0	0	15	157		
Juli	2	10	10	131		
Agustus	2	9	1	13		
September	0	0	0	0		
Oktober	8	122	9	112		
November	19	206	14	166		
Desember	16	411	27	501		
Jumlah	105	2.294	180	3.408		

Tahun 2014						
Bulan	Karangpandan		Ngargoyoso		Tawangmangu	
	hr	mm	hr	mm	hr	mm
Januari	18	311	28	389.5		
Februari	15	587	18	257		
Maret	13	252	18	442		
April	12	386	18	348		
Mei	0	0	13	192		
Juni	0	0	10	139		
Juli	2	10	7	66		
Agustus	2	9	4	32		
September	0	0	0	0		
Oktober	8	122	1	9		
November	19	206	21	391.5		
Desember	16	411	24	542		
Jumlah	105	2.294	162	2.808		

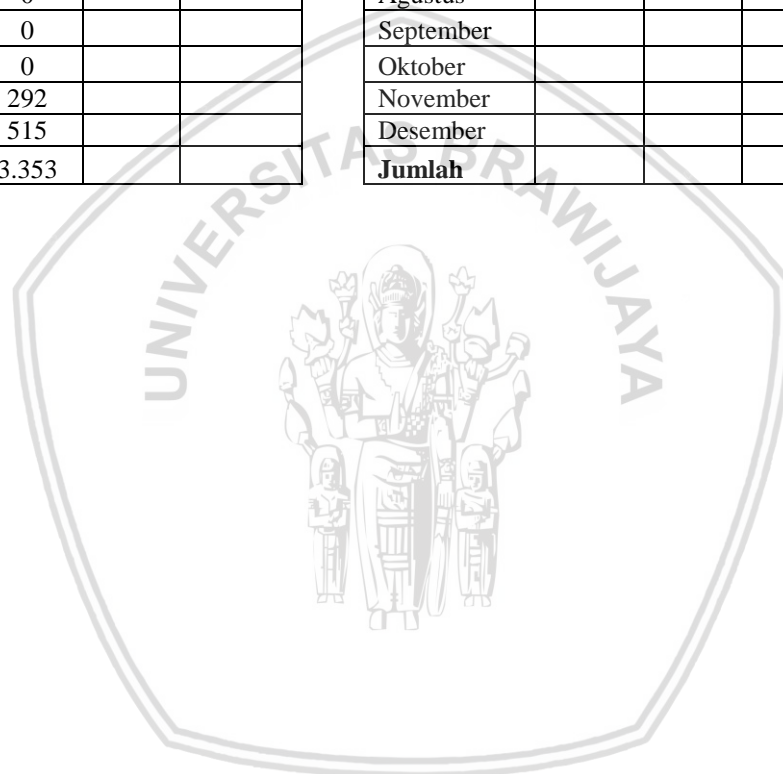
Tahun 2015						
Bulan	Karangpandan		Ngargoyoso		Tawangmangu	
	hr	mm	hr	mm	hr	mm
Januari	18	311	23	592		

Tahun 2016						
Bulan	Karangpandan		Ngargoyoso		Tawangmangu	
	hr	mm	hr	mm	hr	mm
Januari					31	463

Februari	15	587	20	608		
Maret	13	252	24	535		
April	12	386	22	680		
Mei	0	0	12	109		
Juni	0	0	3	22		
Juli	2	10	0	0		
Agustus	2	9	0	0		
September	0	0	0	0		
Oktober	8	122	0	0		
November	19	206	20	292		
Desember	16	411	25	515		
Jumlah	105	2.294	163	3.353		

Keterangan: hr : hari hujan
mm : milimeter

Februari					27	652
Maret					29	347
April					30	192
Mei					26	171
Juni					14	284
Juli					8	74
Agustus					13	171
September					14	210
Oktober					12	280
November					22	689
Desember					23	462
Jumlah					249	3.995



Lampiran 11. Hasil Analisis Laboratorium Tekstur Tanah

SPL	(%) Pasir	(%) Debu	(%) Liat	Kelas Tekstur
1.	35,90	53,42	10,68	lempung berdebu
2.	29,96	60,90	9,14	lempung berdebu
3.	25,00	40,63	34,37	lempung berliat
4.	21,28	47,23	31,49	lempung berliat
5.	25,33	53,76	20,91	lempung berdebu
6.	20,33	44,61	35,05	lempung berliat
7.	38,57	49,14	12,29	lempung
8.	28,10	55,56	16,34	lempung berdebu
9.	49,04	44,59	6,37	lempung
10.	34,01	54,35	11,65	lempung berdebu
11.	23,03	59,86	17,10	lempung berdebu
12.	33,42	53,26	13,32	lempung berdebu
13.	38,75	51,58	9,67	lempung berdebu
14.	16,03	55,98	27,99	lempung liat berdebu
15.	16,78	46,60	36,62	lempung liat berdebu
16.	22,32	60,03	17,66	lempung berdebu



Lampiran 12. Hasil Analisis Laboratorium Permeabilitas Tanah

SPL	Ulangan	KHJ (cm/jam)	Rata-rata (cm/jam)	Kategori
1.	I	7,77	5,77	sedang
	II	3,77		
2.	I	8,89	6,09	sedang
	II	3,29		
3.	I	2,09	1,98	agak lambat
	II	1,87		
4.	I	1,73	1,88	agak lambat
	II	2,04		
5.	I	4,10	5,46	sedang
	II	6,83		
6.	I	5,10	5,49	sedang
	II	5,89		
7.	I	2,48	3,22	sedang
	II	3,96		
8.	I	15,10	15,44	cepat
	II	15,77		
9.	I	7,07	7,16	agak cepat
	II	7,26		
10.	I	2,24	2,73	sedang
	II	3,22		
11.	I	8,76	9,13	agak cepat
	II	9,51		
12.	I	5,77	8,49	agak cepat
	II	11,22		
13.	I	18,03	17,69	cepat
	II	17,35		
14.	I	1,53	2,20	sedang
	II	2,87		
15.	I	7,09	7,79	agak cepat
	II	8,50		
16.	I	8,10	7,93	agak cepat
	II	9,76		

Lampiran 13. Deskripsi dan Morfologi Tanah di Lokasi Penelitian

SPL 1

Lokasi	Desa Puntukrejo, Kecamatan Ngargoyoso	
Koordinat	111°5'44.34''E - 7°37'3.719''S	
Fisiografi	Datar	
Ketinggian tempat	737 mdpl	
Topografi	5 %	
Penggunaan lahan	Sawah	
Permeabilitas	Agak lambat	
Tekstur	Lempung berliat	
Kedalaman efektif	Dalam	
Genangan banjir	Sering	
Erosi	Parit	
Vegetasi	Padi, Jagung	
Bahan induk	Vulkanik; lahar lawu; komponen andesit, basal dan sedikit batupung beragam ukuran yang bercampur pasir gunungapi	
Rezim lengas tanah	Udic	
Horizon	Epipedon umbrik (0-25 cm), Endopedon argilik (25-65 cm)	
Ordo	Alfisol	
Sub ordo	Udalfs	
Group	Hapludalfs	
Sub group	Typic Hapludalfs	
Dideskripsi oleh	Reza Muhammadi Tanggal 6 Desember 2017	
Ap	0 – 25 cm	10 YR 3/3; coklat gelap: berangsur, lempung liat berpasir, gumpal membulat, teguh, lekat/ agak plastis, pori halus, sedang; sedikit, kasar; biasa, perakaran halus; banyak, pH: 6, kejenuhan basa <50%
Bw	25 - 53 cm	10 YR 4/3; coklat kekuningan pudar: baur, lempung liat berpasir, gumpal membulat, teguh, lekat/agak plastis; pori halus; biasa, sedang, kasar; banyak, perakaran halus; sedikit, terdapat selaput liat,
Bt	53 – (65) cm	10 YR 3/4; coklat gelap: baur, lempung berliat, gumpal bersudut, teguh, lekat/ agak plastis, pori halus sedang kasar; biasa, perakaran halus; sedikit,



(Gambar SPL 1)

SPL 7

Lokasi	Desa Kemuning, Kecamatan Ngargoyoso	
Koordinat	117°7'17.042''E - 7°36'26.678''S	
Fisiografi	Teras	
Ketinggian tempat	918 mdpl	
Topografi	38 %	
Penggunaan lahan	Perkebunan	
Permeabilitas	Agak lambat	
Tekstur	Lempung	
Kedalaman efektif	Dalam	
Genangan banjir	Kadang-Kadang	
Erosi	Alur	
Vegetasi	Cengkeh, Rumput	
Bahan induk	Vulkanik; lahar lawu; komponen andesit, basal dan sedikit batuapung beragam ukuran yang bercampur pasir gunungapi	
Rezim lengas tanah	Udic	
Horizon	Epipedon okrik (0-32cm), Endopedon argilik (32-50 cm)	
Ordo	Alfisol	
Sub ordo	Udalfs	
Group	Hapludalfs	
Sub group	Typic Hapludalfs	
Dideskripsi oleh	Reza Muhammadi Tanggal 6 Desember 2017	
A	0 – 20 cm	10 YR 5/4; coklat kekuningan pudar: jelas, lempung berpasir; gumpal membulat, gembur agak lekat/ agak plastis, pori halus, sedang; biasa, kasar; banyak, perakaran halus; banyak, pH: 6, kejenuhan basa <50%
Bw	20 - 32 cm	10 YR 3/3; coklat gelap: jelas, lempung; gumpal membulat, gembur, agak lekat/agak plastis; pori halus; sedikit, sedang, kasar; biasa, perakaran halus; biasa
Bt	32 – (50) cm	10 YR 5/4; coklat kekuningan pudar: baur, liat, gumpal bersudut, teguh, lekat/ agak plastis, pori halus sedang; biasa, kasar; sedikit, perakaran halus; biasa



(Gambar SPL 7)

SPL 8

Lokasi	Desa Segorogunung, Kecamatan Ngargoyoso	
Koordinat	111°7'32.504''E - 7°35'46.792''S	
Fisiografi	Teras	
Ketinggian tempat	1044 mdpl	
Topografi	40 %	
Penggunaan lahan	Perkebunan	
Permeabilitas	Agak lambat	
Tekstur	Lempung berdebu	
Kedalaman efektif	Dalam	
Genangan banjir	Kadang-Kadang	
Erosi	Alur	
Vegetasi	Teh	
Bahan induk	Vulkanik; batuan gunungapi lawu; tuf dan breksi gunungapi bersisipan lava, umumnya bersusunan andesit	
Rezim lengas tanah	Udic	
Horizon	Epipedon mollik (0-18 cm), Endopedon kambik (18-50 cm)	
Ordo	Inceptisol	
Sub ordo	Udepts	
Group	Dystrudepts	
Sub group	Typic Dystrudepts	
Dideskripsi oleh	Reza Muhammadi Tanggal 2 Desember 2017	
A	0 – 18 cm	10 YR 2/3; hitam kecoklatan: jelas, lempung berpasir; remah, sangat gembur agak lekat/ tidak plastis, pori halus, sedang; sedikit, kasar; banyak, perakaran halus; banyak, pH: 7, kejenuhan basa >50%
Bw1	18 - 45 cm	10 YR 5/4; coklat kekuningan pudar: baur, lempung berdebu; gumpal bersudut, gembur, agak lekat/agak plastis; pori halus; sedikit, kasar sedang; biasa, perakaran halus; banyak
Bw2	45 – (50) cm	10 YR 5/4; coklat kekuningan pudar: baur, lempung berdebu, gumpal bersudut, teguh, agak lekat/ agak plastis, pori halus sedang; banyak, kasar; sedikit, perakaran halus; sedang, adanya karatan warna kunig



(Gambar SPL 8)

SPL 10

Lokasi	Desa Segorogunung, Kecamatan Ngargoyoso	
Koordinat	111°8'43.716''E - 7°36'17.205''S	
Fisiografi	Berombak	
Ketinggian tempat	1391 mdpl	
Topografi	20 %	
Penggunaan lahan	Semak	
Permeabilitas	Agak lambat	
Tekstur	Lempung berdebu	
Kedalaman efektif	Dalam	
Genangan banjir	Kadang-kadang	
Erosi	Permukaan	
Vegetasi	Tegalan	
Bahan induk	Vulkanik; batuan gunungapi lawu; tuf dan breksi gunungapi bersisipan lava, umumnya bersusunan andesit	
Rezim lengas tanah	Udic	
Horizon	Epipedon mollik (0-18 cm), Endopedon kambik (15-75 cm)	
Ordo	Andisol	
Sub ordo	Udands	
Group	Hapludands	
Sub group	Typic Hapludands	
Dideskripsi oleh	Reza Muhammadi Tanggal 6 Desember 2017	
A	0 – 18 cm	10 YR 2/1; hitam: jelas, pasir berlempung, remah, sangat gembur agak lekat/ tidak plastis, pori halus, sedang; sedikit, kasar; banyak, perakaran halus; banyak, pH: 6, kejenuhan basa <50%
Bw1	15 - 47 cm	10 YR 5/4; coklat kekuningan pudar: jelas, lempung berdebu; gumpal membulat, teguh, agak lekat/tidak plastis; pori halus; banyak, sedang kasar; sedikit, perakaran halus; sedikit
Bw2	43 – (75) cm	10 YR 4/4; coklat: baur, lempung berdebu, gumpal bersudut, teguh, agak lekat/ agak plastis, pori halus; banyak, sedang kasar; sedikit, perakaran halus; sedikit



(Gambar SPL 10)

SPL 13

Lokasi	Desa Berjo, Kecamatan Ngargoyoso	
Koordinat	111°7'51.926''E - 7°37'34.787''S	
Fisiografi	Berbukit	
Ketinggian tempat	1132 mdpl	
Topografi	47 %	
Penggunaan lahan	Tegalan	
Permeabilitas	Agak lambat	
Tekstur	Lempung berdebu	
Kedalaman efektif	Dalam	
Genangan banjir	Kadang-kadang	
Erosi	Alur	
Vegetasi	Cabai, dan Kacang panjang, cengkeh	
Bahan induk	Vulkanik; batuan gunungapi lawu; tuf dan breksi gunungapi bersisipan lava, umumnya bersusunan andesit	
Rezim lengas tanah	Udic	
Horizon	Epipedon mollik (0-35 cm), Endopedon kambik (30-60 cm)	
Ordo	Andisol	
Sub ordo	Udands	
Group	Hapludands	
Sub group	Typic Hapludands	
Deskripsi oleh	Reza Muhammadi Tanggal 8 Desember 2017	
Ap	0 – 35 cm	10 YR 2/2; hitam kecoklatan: jelas, lempung berdebu, gumpal membulat, gembur agak lekat/ agak plastis, pori halus, sedang; biasa, kasar; sedikit, perakaran halus; banyak, pH; 7, kejenuhan basa >50%
Bw	35 – (60) cm	10 YR 5/4; coklat kekuningan pudar: jelas, lempung berdebu; gumpal membulat, teguh, lekat/agak plastis; pori halus sedang kasar; biasa, perakaran halus; sedikit, pH; 7, kejenuhan basa >50%



(Gambar SPL 13)

SPL 15

Lokasi	Desa Ngargoyoso , Kecamatan Ngargoyoso	
Koordinat	110°6'59.693''E - 7°35'34.079''S	
Fisiografi	Berombak	
Ketinggian tempat	1081 mdpl	
Topografi	32 %	
Penggunaan lahan	Perkebunan	
Permeabilitas	Kadang-kadang	
Tekstur	Lempung liat berdebu	
Kedalaman efektif	Dalam	
Genangan banjir	Kadang-kadang	
Erosi	Alur	
Vegetasi	Cengkeh	
Bahan induk	Vulkanik; batuan gunungapi lawu; tuf dan breksi gunungapi bersisipan lava, umumnya bersusunan andesit	
Rezim lengas tanah	Udic	
Horizon	Epipedon okrik (0-38 cm), Endopedon kambik (30-60 cm)	
Ordo	Inceptisol	
Sub ordo	Udepts	
Group	Dystrudepts	
Sub group	Typic Dystrudepts	
Dideskripsi oleh	Reza Muhammadi Tanggal 8 Desember 2017	
A	0 – 38 cm	10 YR 4/3; coklat kekuningan pudar: baur, lempung liat berdebu, gumpal membulat, gembur agak lekat/ agak plastis, pori halus, sedang; sedikit, kasar; banyak, perakaran halus; banyak, pH; 6, kejenuhan basa <50%
Bw	30 – (60) cm	10 YR 5/4; coklat kekuningan pudar: baur, lempung liat berdebu; gumpal bersudut, gembur, agak lekat/tidak plastis; pori halus sedang; biasa, kasar; sedikit, perakaran halus; sedikit



(Gambar SPL 15)

Lampiran 14. Atribut Keterangan Longsor

SPL	CH	Skor	Lereng	Skor	Pengg. Lahan	Skor	Geologi	Skor	Tekstur	Skor	KHJ	Skor	Ked. Efektif	Skor	Skor.Tot	Ket.Skor
1	>3000-4000	4	0-8%	1	Sawah/Tegalan	5	Lahar lawu	3	Lempung berdebu	3	Sedang	3	dalam	4	3.05	Rendah
1	>3000-4000	4	0-8%	1	Hutan/Perkebunan	3	Lahar lawu	3	Lempung berdebu	3	Sedang	3	dalam	4	2.65	Rendah
1	>3000-4000	4	0-8%	1	Permukiman	2	Lahar lawu	3	Lempung berdebu	3	Sedang	3	dalam	4	2.45	Rendah
2	>3000-4000	4	0-8%	1	Sawah/Tegalan	5	Batuan gunungapi lawu	4	Lempung berdebu	3	Sedang	3	dalam	4	3.05	Rendah
2	>3000-4000	4	0-8%	1	Hutan/Perkebunan	3	Batuan gunungapi lawu	4	Lempung berdebu	3	Sedang	3	dalam	4	2.8	Rendah
3	>3000-4000	4	>8-15%	2	Sawah/Tegalan	5	Lahar lawu	3	Lempung berliat	1	Agak lambat	4	dalam	4	3.3	Menengah
3	>3000-4000	4	>8-15%	2	Hutan/Perkebunan	3	Lahar lawu	3	Lempung berliat	1	Agak lambat	4	dalam	4	2.95	Rendah
3	>3000-4000	4	>8-15%	2	Permukiman	2	Lahar lawu	3	Lempung berliat	1	Agak lambat	4	dalam	4	2.65	Rendah
3	>2000-3000	3	>8-15%	2	Sawah/Tegalan	5	Lahar lawu	3	Lempung berliat	1	Agak lambat	4	dalam	4	3.1	Menengah
3	>2000-3000	3	>8-15%	2	Hutan/Perkebunan	3	Lahar lawu	3	Lempung berliat	1	Agak lambat	4	dalam	4	2.6	Rendah
3	>2000-3000	3	>8-15%	2	Permukiman	2	Lahar lawu	3	Lempung berliat	1	Agak lambat	4	dalam	4	2.4	Rendah
4	>3000-4000	4	>8-15%	2	Sawah/Tegalan	5	Batuan gunungapi lawu	4	Lempung berliat	1	Agak lambat	4	dalam	4	3.45	Menengah
4	>3000-4000	4	>8-15%	2	Permukiman	2	Batuan gunungapi lawu	4	Lempung berliat	1	Agak lambat	4	dalam	4	2.85	Rendah
5	>3000-4000	4	>15-25%	3	Sawah/Tegalan	3	Lahar lawu	3	Lempung berdebu	3	Sedang	3	dalam	4	3.65	Menengah
5	>3000-4000	4	>15-25%	3	Hutan/Perkebunan	3	Lahar lawu	3	Lempung berdebu	3	Sedang	3	dalam	4	3.25	Menengah
5	>3000-4000	4	>15-25%	3	Permukiman	2	Lahar lawu	3	Lempung berdebu	3	Sedang	3	dalam	4	3.05	Rendah
5	>2000-3000	3	>15-25%	3	Sawah/Tegalan	5	Lahar lawu	3	Lempung berdebu	3	Sedang	3	dalam	4	3.45	Menengah
5	>2000-3000	3	>15-25%	3	Hutan/Perkebunan	3	Lahar lawu	3	Lempung berdebu	3	Sedang	3	dalam	4	3.05	Rendah
5	>2000-3000	3	>15-25%	3	Permukiman	2	Lahar lawu	3	Lempung berdebu	3	Sedang	3	dalam	4	2.85	Rendah

6	>3000-4000	4	>15-25%	3	Sawah/Tegalan	5	Batuan	4	Lempung	1	Sedang	3	dalam	4	3.85	Tinggi
6	>3000-4000	4	>15-25%	3	Hutan/Perkebunan	3	gunungapi lawu	4	Lempung	1	Sedang	3	dalam	4	3.45	Menengah
6	>3000-4000	4	>15-25%	3	Semak/Belukar	4	Batuan	4	Lempung	1	Sedang	3	dalam	4	3.65	Menengah
6	>3000-4000	4	>15-25%	3	Permukiman	2	gunungapi lawu	4	Lempung	1	Sedang	3	dalam	4	3.25	Menengah
6	>2000-3000	3	>15-25%	3	Sawah/Tegalan	5	Batuan	4	Lempung	1	Sedang	3	dalam	4	3.65	Menengah
6	>2000-3000	3	>15-25%	3	Hutan/Perkebunan	3	gunungapi lawu	4	Lempung	1	Sedang	3	dalam	4	3.25	Menengah
6	>2000-3000	3	>15-25%	3	Permukiman	2	Batuan	4	Lempung	1	Sedang	3	dalam	4	3.05	Rendah
7	>3000-4000	4	>25-45%	4	Sawah/Tegalan	5	gunungapi lawu	3	Lempung	4	Sedang	3	dalam	4	3.95	Tinggi
7	>3000-4000	4	>25-45%	4	Hutan/Perkebunan	3	Lahar lawu	3	Lempung	4	Sedang	3	dalam	4	3.55	Menengah
7	>3000-4000	4	>25-45%	4	Semak/Belukar	4	Lahar lawu	3	Lempung	4	Sedang	3	dalam	4	3.75	Tinggi
7	>3000-4000	4	>25-45%	4	Permukiman	2	Lahar lawu	3	Lempung	4	Sedang	3	dalam	4	3.35	Menengah
7	>2000-3000	3	>25-45%	4	Sawah/Tegalan	5	Lahar lawu	3	Lempung	4	Sedang	3	dalam	4	3.75	Tinggi
7	>2000-3000	3	>25-45%	4	Hutan/Perkebunan	3	Lahar lawu	3	Lempung	4	Sedang	3	dalam	4	3.35	Menengah
7	>2000-3000	3	>25-45%	4	Permukiman	2	Lahar lawu	3	Lempung	4	Sedang	3	dalam	4	3.15	Menengah
8	>3000-4000	4	>25-45%	4	Sawah/Tegalan	5	Batuan	4	Lempung	3	Cepat	1	dalam	4	4	Tinggi
8	>3000-4000	4	>25-45%	4	Hutan/Perkebunan	3	gunungapi lawu	4	Lempung	3	Cepat	1	dalam	4	3.6	Menengah
8	>3000-4000	4	>25-45%	4	Semak/Belukar	4	Batuan	4	Lempung	3	Cepat	1	dalam	4	3.8	Tinggi
8	>3000-4000	4	>25-45%	4	Permukiman	2	gunungapi lawu	4	Lempung	3	Cepat	1	dalam	4	3.4	Menengah
8	>2000-3000	3	>25-45%	4	Hutan/Perkebunan	3	Batuan	4	Lempung	3	Cepat	1	dalam	4	3.4	Menengah
8	>2000-3000	4	>25-45%	4	Permukiman	2	gunungapi lawu	4	Lempung	3	Cepat	1	dalam	4	3.2	Menengah
9	>3000-4000	4	>8-15%	2	Hutan/Perkebunan	3	Batuan	4	Lempung	4	Agak cepat	2	dalam	4	3.05	Rendah
9	>3000-4000	4	>8-15%	2	Permukiman	2	gunungapi lawu	4	Lempung	4	Agak cepat	2	dalam	4	2.85	Rendah
10	>3000-4000	4	>15-25%	3	Hutan/Perkebunan	3	Batuan	4	Lempung	3	Sedang	3	dalam	4	3.4	Menengah
10	>3000-4000	4	>15-25%	3	Sawah/Tegalan	5	gunungapi lawu	4	Lempung	3	Sedang	3	dalam	4	3.8	Tinggi
							gunungapi lawu		berdebu							

10	>3000-4000	4	>15-25%	3	Hutan/ Perkebunan	3	Batuan gunungapi lawu	4	Lempung berdebu	3	Sedang	3	dalam	4	3.4	Menengah
10	>3000-4000	4	>15-25%	3	Semak/Belukar	4	Batuan gunungapi lawu	4	Lempung berdebu	3	Sedang	3	dalam	4	3.6	Menengah
10	>3000-4000	4	>15-25%	3	Permukiman	2	Batuan gunungapi lawu	4	Lempung berdebu	3	Sedang	3	dalam	4	3.2	Menengah
11	>3000-4000	4	>15-25%	3	Sawah/Tegalan	5	Lahar lawu	3	Lempung berdebu	3	Agak cepat	2	dalam	4	3.6	Menengah
11	>3000-4000	4	>15-25%	3	Permukiman	2	Lahar lawu	3	Lempung berdebu	3	Agak cepat	2	dalam	4	3	Rendah
11	>3000-4000	4	>15-25%	3	Hutan/ Perkebunan	3	Lahar lawu	3	Lempung berdebu	3	Agak cepat	2	dalam	4	3.5	Rendah
12	>3000-4000	4	>25-45%	4	Sawah/Tegalan	5	Batuan gunungapi lawu	4	Lempung berdebu	3	Agak cepat	2	dalam	4	4.05	Tinggi
12	>3000-4000	4	>25-45%	4	Hutan/ Perkebunan	3	Batuan gunungapi lawu	4	Lempung berdebu	3	Agak cepat	2	dalam	4	3.65	Menengah
12	>3000-4000	4	>25-45%	4	Permukiman	2	Batuan gunungapi lawu	4	Lempung berdebu	3	Agak cepat	2	dalam	4	3.45	Menengah
12	>3000-4000	4	>25-45%	4	Sawah/Tegalan	5	Batuan gunungapi lawu	4	Lempung berdebu	3	Agak cepat	2	dalam	4	4.05	Tinggi
12	>3000-4000	4	>25-45%	4	Hutan/ Perkebunan	3	Batuan gunungapi lawu	4	Lempung berdebu	3	Agak cepat	2	dalam	4	3.65	Menengah
12	>3000-4000	4	>25-45%	4	Semak/Belukar	4	Batuan gunungapi lawu	4	Lempung berdebu	3	Agak cepat	2	dalam	4	3.85	Tinggi
12	>3000-4000	4	>25-45%	4	Permukiman	2	Batuan gunungapi lawu	4	Lempung berdebu	3	Agak cepat	2	dalam	4	3.45	Menengah
13	>3000-4000	4	>45%	5	Sawah/Tegalan	5	Batuan gunungapi lawu	4	Lempung berdebu	3	Cepat	1	dalam	4	4.3	Tinggi
13	>3000-4000	4	>45%	5	Hutan/ Perkebunan	3	Batuan gunungapi lawu	4	Lempung berdebu	3	Cepat	1	dalam	4	3.9	Tinggi
13	>3000-4000	4	>45%	5	Semak/Belukar	4	Batuan gunungapi lawu	4	Lempung berdebu	3	Cepat	1	dalam	4	4.1	Tinggi
13	>3000-4000	4	>45%	5	Hutan/ Perkebunan	3	Batuan gunungapi lawu	4	Lempung berdebu	3	Cepat	1	dalam	4	3.9	Tinggi
14	>3000-4000	4	>15-25%	3	Hutan/ Perkebunan	3	Batuan gunungapi lawu	4	Lempung liat berdebu	2	Sedang	3	dalam	4	3.45	Menengah
14	>3000-4000	4	>15-25%	3	Semak/Belukar	4	Batuan gunungapi lawu	4	Lempung liat berdebu	2	Sedang	3	dalam	4	3.65	Menengah
15	>3000-4000	4	>25-45%	4	Sawah/Tegalan	5	Batuan gunungapi lawu	4	Lempung liat berdebu	2	Agak cepat	2	dalam	4	4.1	Tinggi
15	>3000-4000	4	>25-45%	4	Hutan/ Perkebunan	3	Batuan gunungapi lawu	4	Lempung liat berdebu	2	Agak cepat	2	dalam	4	3.7	Tinggi

15	>3000-4000	4	>25-45%	4	Semak/Belukar	4	Batuan gunungapi lawu	4	Lempung liat berdebu	2	Agak cepat	2	dalam	4	3.9	Tinggi
15	>3000-4000	4	>25-45%	4	Permukiman	2	Batuan gunungapi lawu	4	Lempung liat berdebu	2	Agak cepat	2	dalam	4	3.5	Menengah
16	>3000-4000	4	>45%	5	Hutan/ Perkebunan	3	Batuan gunungapi lawu	4	Lempung berdebu	3	Agak cepat	2	dalam	4	3.95	Tinggi
16	>3000-4000	4	>45%	5	Semak/Belukar	4	Batuan gunungapi lawu	4	Lempung berdebu	3	Agak cepat	2	dalam	4	4.15	Tinggi



Lampiran 15. Dokumentasi Penelitian



Lokasi Pengamatan Kerawanan Menengah di Desa Girimulyo (SPL 11)



Kondisi jalan yang retak akibat pergerakan tanah di Desa Segorogunung (SPL 10)



Penggunaan lahan perkebunan di Desa Girimulyo



Penggunaan lahan semak belukar di Desa Ngargoyoso



Penggunaan lahan perkebunan di Desa Nlegok



Pembuatan minipit (SPL 5)



Analisis permeabilitas tanah di laboratorium fisika tanah FP UB dengan metode permeameter



Analisis tekstur tanah di laboratorium fisika tanah FP UB dengan metode pipet

